

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

Best Available Copy

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11187407 A

(43) Date of publication of application: 09 . 07 . 99

(51) Int. Cl

H04N 7/32  
G06F 15/18  
H04N 1/41

(21) Application number: 09350425

(22) Date of filing: 19 . 12 . 97

(71) Applicant: SONY CORP

(72) Inventor: KONDO TETSUJIRO  
KOBAYASHI NAOKI

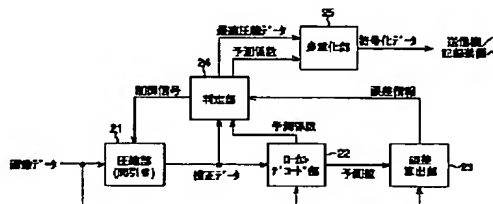
(54) IMAGE CODER, AND IMAGE CODING METHOD THEREFOR, SERVED MEDIUM, IMAGE DECODER AND IMAGE DECODING METHOD THEREFOR, AND SYSTEM AND METHOD OF LEARNING

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quickly adjust a pixel value of a compressed image obtained by interleaving an original image to obtain a decoded image of high image quality.

SOLUTION: A compression section 21 compresses an original image by reducing the number of pixels to obtain compression data. A local decode section 22 classifies the compression data and predicts the original image corresponding to the resulting classes to obtain a predicted value. Furthermore, an error calculation section 22 calculates a prediction error of the predicted value with respect to the original image. Then the compression section 21 estimates an error curve denoting a relation between the compression data and the predicted error to obtain the compression data minimizing the value of the error curve and provides an output of the compression data as a coding result of the original image.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-187407

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 N 7/32

G 0 6 F 15/18

H 0 4 N 1/41

識別記号

5 6 0

F I

H 0 4 N 7/137

G 0 6 F 15/18

H 0 4 N 1/41

Z

5 6 0 C

B

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平9-350425

(22) 出願日 平成9年(1997)12月19日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 近藤 哲二郎

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 小林 直樹

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

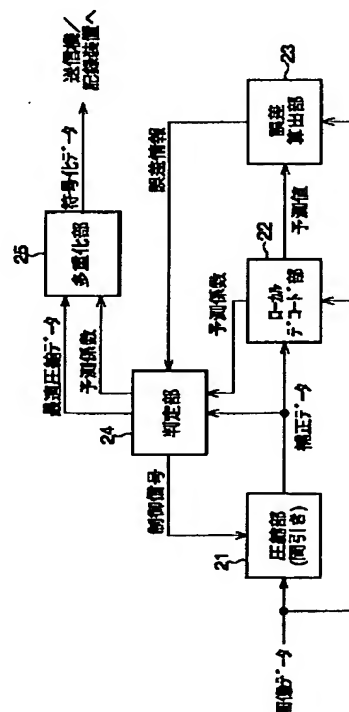
(74) 代理人 弁理士 稲本 義雄

(54) 【発明の名称】 画像符号化装置および画像符号化方法、提供媒体、画像復号装置および画像復号方法、並びに学習装置および学習方法

(57) 【要約】

【課題】 元の画像を間引いて得られる圧縮画像の画素値を、高画質の復号画像を得ることができるように、迅速に調整する。

【解決手段】 圧縮部21において、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、ローカルデコード部22において、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求める。さらに、誤差算出部23において、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出する。そして、圧縮部21において、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮データを求めて、その圧縮データを、原画像の符号化結果として出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像を符号化する画像符号化装置であって、  
 原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮し、  
 圧縮データとする圧縮手段と、  
 前記圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、前記原画像を予測し、その予測値を求める予測手段と、  
 前記原画像に対する、前記予測値の予測誤差を算出する予測誤差算出手段と、  
 前記圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定する誤差曲線推定手段と、  
 前記誤差曲線を最小にする前記圧縮データを求める誤差最小データ算出手段と、  
 前記誤差最小データ算出手段が出力する前記圧縮データを、前記原画像の符号化結果として出力する出力手段とを備えることを特徴とする画像符号化装置。

【請求項 2】 前記クラスが変化するときの前記圧縮データであるクラス変化点を算出するクラス変化点算出手段をさらに備え、  
 前記誤差曲線推定手段は、2つの前記クラス変化点それぞれにおける前記予測誤差から、前記誤差曲線を推定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像符号化装置。

【請求項 3】 前記予測手段は、  
 前記圧縮データとの線形結合により前記予測値を算出するための予測係数を、前記クラスごとに求める予測係数演算手段と、  
 前記圧縮データの前記クラスについて得られた前記予測係数と、その圧縮データとから、前記予測値を求める予測値演算手段とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の画像符号化装置。

【請求項 4】 前記予測手段は、  
 前記圧縮データとの線形結合により前記予測値を算出するための予測係数を、前記クラスごとに記憶している記憶手段と、  
 前記圧縮データの前記クラスについての前記予測係数と、その圧縮データとから、前記予測値を求める予測値演算手段とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の画像符号化装置。

【請求項 5】 画像を符号化する画像符号化方法であって、  
 原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、  
 前記圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、前記原画像を予測し、その予測値を求め、  
 前記原画像に対する、前記予測値の予測誤差を算出し、前記圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、  
 前記誤差曲線を最小にする前記圧縮データを求め、その

圧縮データを、前記原画像の符号化結果として出力することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項 6】 画像を符号化した符号化データを提供する提供媒体であって、  
 前記符号化データは、  
 原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、  
 前記圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、前記原画像を予測し、その予測値を求め、  
 前記原画像に対する、前記予測値の予測誤差を算出し、前記圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、  
 前記誤差曲線を最小にする前記圧縮データを求め、その圧縮データを、前記原画像の符号化結果として出力することにより得られたものであることを特徴とする提供媒体。

【請求項 7】 画像を符号化した符号化データを復号する画像復号装置であって、  
 前記符号化データを受信する受信手段と、  
 前記符号化データを復号する復号手段とを備え、  
 前記符号化データは、  
 原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、  
 前記圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、前記原画像を予測し、その予測値を求め、  
 前記原画像に対する、前記予測値の予測誤差を算出し、前記圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、  
 前記誤差曲線を最小にする前記圧縮データを求め、その圧縮データを、前記原画像の符号化結果として出力することにより得られたものであることを特徴とする画像復号装置。

【請求項 8】 画像を符号化した符号化データを復号する画像復号方法であって、  
 前記符号化データは、  
 原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、  
 前記圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、前記原画像を予測し、その予測値を求め、  
 前記原画像に対する、前記予測値の予測誤差を算出し、前記圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、  
 前記誤差曲線を最小にする前記圧縮データを求め、その圧縮データを、前記原画像の符号化結果として出力することにより得られたものであることを特徴とする画像復号方法。

【請求項 9】 原画像の画素数を少なくすることにより

圧縮した圧縮データとの線形結合により、前記原画像の予測値を算出するための予測係数を求める学習装置であって、

原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮し、前記圧縮データとする圧縮手段と、

前記圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスを出力するクラス分類手段と、

前記予測係数を、前記クラスごとに求める予測係数演算手段と、

前記圧縮データと予測係数との線形結合により、前記予測値を求める予測値演算手段と、

前記原画像に対する、前記予測値の予測誤差を算出する予測誤差算出手段と、

前記圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定する誤差曲線推定手段と、

前記誤差曲線を最小にする前記圧縮データを求める誤差最小データ算出手段と、

前記誤差曲線を最小にする前記圧縮データから求められる前記予測係数を出力する出力手段とを備えることを特徴とする学習装置。

【請求項10】 前記クラスが変化するときの前記圧縮データであるクラス変化点を算出するクラス変化点算出手段をさらに備え、

前記誤差曲線推定手段は、2つの前記クラス変化点それぞれにおける前記予測誤差から、前記誤差曲線を推定することを特徴とする請求項9に記載の学習装置。

【請求項11】 原画像の画素数を少なくすることにより圧縮した圧縮データとの線形結合により、前記原画像の予測値を算出するための予測係数を求める学習方法であって、

原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、前記圧縮データとし、

前記圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスを出力し、

前記予測係数を、前記クラスごとに求め、その予測係数と前記圧縮データとの線形結合により、前記予測値を求め、

前記原画像に対する、前記予測値の予測誤差を算出し、前記圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、

前記誤差曲線を最小にする前記圧縮データを求め、その圧縮データから求められる前記予測係数を出力することを特徴とする学習方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像符号化装置および画像符号化方法、提供媒体、画像復号装置および画像復号方法、並びに学習装置および学習方法に関し、特に、原画像とほぼ同一の復号画像が得られるように、画像を、例えば間引くことにより符号化する画像符号化装

置および画像符号化方法、提供媒体、画像復号装置および画像復号方法、並びに学習装置および学習方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、画像の符号化方法については、種々の方法が提案されているが、そのうちの1つに、例えば、画像を、その画素を間引くこと（subsampling）により圧縮符号化する方法がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このように間引いて圧縮した画像（上位階層の画像）を、単純な補間（例えば、周辺画素の予約値など）により伸張した場合、その結果得られる復号画像（下位階層の画像）の解像度が劣化する。

【0004】ここで、このように復号画像の解像度が劣化する原因として、第1に、間引き画像には、元の画像に含まれる高周波数成分が含まれていないことと、第2に、間引き後の画像を構成する画素の画素値が、元の画像を復元するのに、必ずしも適当でないことが考えられる。

【0005】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、原画像と同一（ほぼ同一）の復号画像が得られるように、画像を間引いて、迅速に圧縮符号化することができるようにするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の画像符号化装置は、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮し、圧縮データとする圧縮手段と、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求める予測手段と、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出する予測誤差算出手段と、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定する誤差曲線推定手段と、誤差曲線を最小にする圧縮データを求める誤差最小データ算出手段と、誤差最小データ算出手段が出力する圧縮データを、原画像の符号化結果として出力する出力手段とを備えることを特徴とする。

【0007】請求項5に記載の画像符号化方法は、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求め、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮データを求め、その圧縮データを、原画像の符号化結果として出力することを特徴とする。

【0008】請求項6に記載の提供媒体、並びに請求項7に記載の画像復号装置および請求項8に記載の画像復号方法は、符号化データが、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、圧縮デ

ータに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求め、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮データを求め、その圧縮データを、原画像の符号化結果として出力することにより得られたものであることを特徴とする。

【0009】請求項9に記載の学習装置は、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮し、圧縮データとする圧縮手段と、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスを出力するクラス分類手段と、予測係数を、クラスごとに求める予測係数演算手段と、圧縮データと予測係数との線形結合により、予測値を求める予測値演算手段と、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出する予測誤差算出手段と、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定する誤差曲線推定手段と、誤差曲線を最小にする圧縮データを求める誤差最小データ算出手段と、誤差曲線を最小にする圧縮データから求められる予測係数を出力する出力手段とを備えることを特徴とする。

【0010】請求項11に記載の学習方法は、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスを出力し、予測係数を、クラスごとに求め、その予測係数と圧縮データとの線形結合により、予測値を求め、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮データを求め、その圧縮データから求められる予測係数を出力することを特徴とする。

【0011】請求項1に記載の画像符号化装置においては、圧縮手段は、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、予測手段は、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求めるようになされている。予測誤差算出手段は、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、誤差曲線推定手段は、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定するようになされている。誤差最小データ算出手段は、誤差曲線を最小にする圧縮データを求め、出力手段は、誤差最小データ算出手段が出力する圧縮データを、原画像の符号化結果として出力するようになされている。

【0012】請求項5に記載の画像符号化方法においては、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求め、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮デ

ータを求め、その圧縮データを、原画像の符号化結果として出力するようになされている。

【0013】請求項6に記載の提供媒体、並びに請求項7に記載の画像復号装置および請求項8に記載の画像復号方法においては、符号化データが、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求め、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮データを求め、その圧縮データを、原画像の符号化結果として出力することにより得られたものとなっている。

【0014】請求項9に記載の学習装置においては、圧縮手段は、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとするようになされている。クラス分類手段は、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスを出力し、予測係数演算手段は、予測係数を、クラスごとに求めるようになされている。予測値演算手段は、圧縮データと予測係数との線形結合により、予測値を求め、予測誤差算出手段は、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出するようになされている。誤差曲線推定手段は、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差最小データ算出手段は、誤差曲線を最小にする圧縮データを求めるようになされている。出力手段は、誤差曲線を最小にする圧縮データから求められる予測係数を出力するようになされている。

【0015】請求項11に記載の学習方法においては、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスを出力し、予測係数を、クラスごとに求め、その予測係数と圧縮データとの線形結合により、予測値を求め、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮データを求め、その圧縮データから求められる予測係数を出力するようになされている。

【0016】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を説明するが、その前に、特許請求の範囲に記載の発明の各手段と以下の実施の形態との対応関係を明らかにするために、各手段の後の括弧内に、対応する実施の形態（但し、一例）を付加して、本発明の特徴を記述すると、次のようになる。

【0017】即ち、請求項1に記載の画像符号化装置は、画像を符号化する画像符号化装置であって、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮し、圧縮データとする圧縮手段（例えば、図19に示す間引き回路31など）と、圧縮データに基づいて、クラス分類を行

い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求める予測手段（例えば、図3に示すローカルデコード部22など）と、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出する予測誤差算出手段（例えば、図3に示す誤差算出部23など）と、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定する誤差曲線推定手段（例えば、図19に示す誤差曲線算出回路34など）と、誤差曲線を最小にする圧縮データを求める誤差最小データ算出手段（例えば、図19に示す最小値算出回路35など）と、誤差最小データ算出手段が出力する圧縮データを、原画像の符号化結果として出力する出力手段（例えば、図3に示す判定部24など）とを備えることを特徴とする。

【0018】請求項2に記載の画像符号化装置は、クラスが変化するときの圧縮データであるクラス変化点を算出するクラス変化点算出手段（例えば、図19に示すクラス変化点算出回路33など）をさらに備え、誤差曲線推定手段は、2つのクラス変化点それぞれにおける予測誤差から、誤差曲線を推定することを特徴とする。

【0019】請求項3に記載の画像符号化装置は、予測手段が、圧縮データとの線形結合により予測値を算出するための予測係数を、クラスごとに求める予測係数演算手段（例えば、図6に示す適応処理回路46など）と、圧縮データのクラスについて得られた予測係数と、その圧縮データとから、予測値を求める予測値演算手段（例えば、図6に示す適応処理回路46など）とを有することを特徴とする。

【0020】請求項4に記載の画像符号化装置は、予測手段が、圧縮データとの線形結合により予測値を算出するための予測係数を、クラスごとに記憶している記憶手段（例えば、図22に示す予測係数ROM81など）と、圧縮データのクラスについての予測係数と、その圧縮データとから、予測値を求める予測値演算手段（例えば、図22に示す予測回路82など）とを有することを特徴とする。

【0021】請求項7に記載の画像復号装置は、画像を符号化した符号化データを復号する画像復号装置であって、符号化データを受信する受信手段（例えば、図20に示す受信機／再生装置71など）と、符号化データを復号する復号手段（例えば、図20に示す分離部72、クラス分類用ブロック化回路73、ADRC処理回路74、クラス分類回路75、予測回路76、および予測値計算用ブロック化回路77など）とを備え、符号化データが、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求め、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮データを求め、その圧縮データを、原画像の符号化結果

として出力することにより得られたものであることを特徴とする。

【0022】請求項9に記載の学習装置は、原画像の画素数を少なくすることにより圧縮した圧縮データとの線形結合により、原画像の予測値を算出するための予測係数を求める学習装置であって、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮し、圧縮データとする圧縮手段（例えば、図19に示す間引き回路31など）と、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスを出力するクラス分類手段（例えば、図6に示すクラス分類回路45など）と、予測係数を、クラスごとに求める予測係数演算手段（例えば、図6に示す適応処理回路46など）と、圧縮データと予測係数との線形結合により、予測値を求める予測値演算手段（例えば、図6に示す適応処理回路46など）と、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出する予測誤差算出手段（例えば、図3に示す誤差算出部23など）と、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定する誤差曲線推定手段（例えば、図19に示す誤差曲線算出回路34など）と、誤差曲線を最小にする圧縮データを求める誤差最小データ算出手段（例えば、図19に示す最小値算出回路35など）と、誤差曲線を最小にする圧縮データから求められる予測係数を出力する出力手段（例えば、図3に示す判定部24など）とを備えることを特徴とする。

【0023】請求項10に記載の学習装置は、クラスが変化するときの圧縮データであるクラス変化点を算出するクラス変化点算出手段（例えば、図19におけるクラス変化点算出回路33など）をさらに備え、誤差曲線推定手段が、2つのクラス変化点それぞれにおける予測誤差から、誤差曲線を推定することを特徴とする。

【0024】なお、勿論この記載は、各手段を上記したものに限定することを意味するものではない。

【0025】図1は、本発明を適用した画像処理装置の一実施の形態の構成を示している。

【0026】送信装置1には、デジタル化された画像データが供給されるようになされている。送信装置1は、入力された画像データを間引くこと（その画素数を少なくすること）により圧縮、符号化し、その結果得られる符号化データを、例えば、光ディスクや、光磁気ディスク、磁気テープ、相変化ディスクその他でなる記録媒体2に記録し、または、例えば、地上波や、衛星回線、電話回線、CATV網、インターネットその他の伝送路3を介して伝送する。

【0027】受信装置4では、記録媒体2に記録された符号化データが再生され、または、伝送路3を介して伝送されてくる符号化データが受信され、その符号化データが伸張、復号化される。そして、その結果得られる復号画像が、図示せぬディスプレイに供給されて表示される。

【0028】なお、以上のような画像処理装置は、例えば、光ディスク装置や、光磁気ディスク装置、磁気テープ装置その他の、画像の記録／再生を行う装置や、あるいはまた、例えば、テレビ電話装置や、テレビジョン放送システム、CATVシステムその他の、画像の伝送を行う装置などに適用される。また、送信装置1が出力する符号化データのデータ量は少ないため、図1の画像処理装置は、伝送レートの低い、例えば、携帯電話機その他の、移動に便利な携帯端末などにも適用可能である。

【0029】図2は、図1の送信装置1の構成例を示している。

【0030】I/F (InterFace) 11は、外部から供給される画像データの受信処理と、送信機／記録装置16に対しての、符号化データの送信処理を行うようになされている。ROM (Read Only Memory) 12は、IPL (Initial Program Loading) 用のプログラムその他を記憶している。RAM (Random Access Memory) 13は、外部記憶装置15に記録されているシステムプログラム (OS (Operating System) ) やアプリケーションプログラムを記憶したり、また、CPU (Central Processing Unit) 14の動作上必要なデータを記憶するようになされている。CPU 14は、ROM 12に記憶されているIPLプログラムにしたがい、外部記憶装置15からシステムプログラムおよびアプリケーションプログラムを、RAM 13に展開し、そのシステムプログラムの制御の下、アプリケーションプログラムを実行することで、I/F 11から供給される画像データについての、後述するような符号化処理を行うようになされている。外部記憶装置15は、例えば、磁気ディスク装置などであり、上述したように、CPU 14が実行するシステムプログラムやアプリケーションプログラムを記憶している他、CPU 14の動作上必要なデータも記憶している。送信機／記録装置16は、I/F 11から供給される符号化データを、記録媒体2に記録し、または伝送路3を介して伝送するようになされている。

【0031】なお、I/F 11、ROM 12、RAM 13、CPU 14、および外部記憶装置15は、相互にバスを介して接続されている。

【0032】以上のように構成される送信装置1においては、I/F 11に画像データが供給されると、その画像データは、CPU 14に供給される。CPU 14は、画像データを符号化し、その結果得られる符号化データを、I/F 11に供給する。I/F 11は、符号化データを受信すると、それを、送信機／記録装置16に供給する。送信機／記録装置16では、I/F 11からの符号化データが、記録媒体2に記録され、または伝送路3を介して伝送される。

【0033】図3は、図2の送信装置1の、送信機／記録装置16を除く部分の機能的な構成例を示している。

【0034】符号化すべき画像データは、圧縮部21、

ローカルデコード部22、および誤差算出部23に供給されるようになされている。圧縮部21は、画像データを、例えば、単純に間引くことにより圧縮し、その結果得られる圧縮データ (間引きが行われた後の画像データ) を、判定部24からの制御にしたがって補正するようになされている。圧縮部21における補正の結果得られる補正データは、ローカルデコード部22および判定部24に供給するようになされている。

【0035】ローカルデコード部22は、圧縮部21からの補正データに基づいて、元の画像を予測し、その予測値を、誤差算出部23に供給するようになされている。なお、ローカルデコード部22は、後述するように、補正データと元の画像データとを用いて、その補正データとの線形結合により、予測値を算出するための、所定のクラスごとの予測係数を求める処理を行い、その予測係数に基づいて、予測値を求める適応処理を行うようになされている。そして、ローカルデコード部22は、上述したように、予測値を、誤差算出部23に供給する他、そのとき求めたクラスごとの予測係数を、判定部24に供給するようになされている。

【0036】誤差算出部23は、そこに入力される、元の画像データ (原画像) に対する、ローカルデコード部22からの予測値の予測誤差を算出するようになされている。この予測誤差は、誤差情報として、判定部24に供給されるようになされている。

【0037】判定部24は、誤差算出部23からの誤差情報に基づいて、圧縮部21が出力した補正データを、元の画像の符号化結果とすることの適正さを判定するようになされている。そして、判定部24は、圧縮部21が出力した補正データを、元の画像の符号化結果とすることが適正でないと判定した場合には、圧縮部21を制御し、さらに、圧縮データを補正させ、その結果得られる新たな補正データを出力させるようになされている。また、判定部24は、圧縮部21が出力した補正データを、元の画像の符号化結果とすることが適正であると判定した場合には、圧縮部21から供給された補正データを、最適な圧縮データ (以下、適宜、最適圧縮データという) として多重化部25に供給するとともに、ローカルデコード部22から供給されたクラスごとの予測係数を多重化部25に供給するようになされている。

【0038】多重化部25は、判定部24からの最適圧縮データ (補正データ) と、クラスごとの予測係数とを多重化し、その多重化結果を、符号化データとして、送信機／記録装置16 (図2) に供給するようになされている。

【0039】次に、図4のフローチャートを参照して、その動作について説明する。圧縮部21に対して、画像データが供給されると、圧縮部21は、ステップS1において、その画像データを間引くことにより圧縮し、最初は、補正を行わずに、ローカルデコード部22および



判定部24に出力する。

【0040】ここで、圧縮部21は、入力された画像データを1/Nに間引くことにより圧縮データとするようになされている。即ち、圧縮部21は、ここでは、例えば、図5に示すように、画像データを、例えば、1/9に間引くようになされている。具体的には、圧縮部21は、3×3（横×縦）の9画素を1単位とし、各単位の中心の画素（同図において、●印で示す部分）についての画素値のみを抽出し、他の部分（同図において、○印で示す部分）を削除する。あるいは、3×3の9画素の平均値などを計算し、それを、3×3画素のうちの中心にある画素の画素値とする。従って、この場合、圧縮率は1/9である。

【0041】なお、圧縮部21は、以上のような処理を、例えば、1フレーム（または1フィールド）単位で行うようになされている。

【0042】図4に戻り、ローカルデコード部22では、ステップS2において、圧縮部21からの補正データ（ここでは、最初は、上述したように、画像データを、単純に間引いた圧縮データそのもの）がローカルデコードされる（画素数の少ない上位階層の画像が、画素数の多い下位階層の画像にマッピングされる）。

【0043】即ち、ステップS2では、圧縮部21からの補正データと元の画像データとを用いて、その補正データとの線形結合により、元の画像の予測値を算出するための、クラスごとの予測係数を求める処理が行われ、その予測係数に基づいて、予測値が求められる。ローカルデコード部22において求められた予測値は誤差算出部23に、また、クラスごとの予測係数は、判定部24に供給される。

【0044】ここで、ローカルデコード部22が出力する予測値で構成される画像は、受信装置4（図1）側において得られる復号画像と同一のものである。

【0045】誤差算出部23は、ローカルデコード部22から、元の画像の予測値を受信すると、ステップS3において、元の画像データに対する、ローカルデコード部22からの予測値の予測誤差を算出し、誤差情報として、判定部24に供給する。即ち、誤差算出部23は、例えば、元の画像データから、予測値を減算することを、画素単位で行い、その2乗和を求め、これを、誤差情報として、判定部24に供給する。

【0046】判定部24は、誤差算出部23から誤差情報を受信すると、ステップS4において、その誤差情報に基づいて、圧縮部21が出力した補正データを、元の画像の符号化結果とすることの適正さを判定する。

【0047】即ち、ステップS4においては、誤差情報が所定の閾値ε以下であるかどうか判定される。ステップS4において、誤差情報が所定の閾値ε以下でない判定された場合、圧縮部21が出力した補正データを、元の画像の符号化データとするのは適正でないと認

識され、ステップS5に進み、判定部24は、圧縮部21を制御し、これにより、圧縮データを補正させる。圧縮部21は、判定部24の制御にしたがって、圧縮データを補正（元の画像を間引いて得られる画像を構成する画素の画素値を補正）し、その結果得られる補正データを、ローカルデコード部22および判定部24に出力する。そして、ステップS2に戻り、以下、同様の処理が繰り返される。

【0048】一方、ステップS4において、誤差情報が所定の閾値ε以下であると判定された場合、圧縮部21が出力した補正データを、元の画像の符号化結果とするのは適正であると認識され、判定部24は、所定の閾値ε以下の誤差情報が得られたときの補正データを、最適圧縮データとして、クラスごとの予測係数とともに、多重化部25に出力する。多重化部25では、ステップS6において、判定部24からの最適圧縮データとクラスごとの予測係数とが多重化され、その結果得られる符号化データが出力されて、処理を終了する。

【0049】以上のように、誤差情報が所定の閾値ε以下となったときにおける、圧縮データを補正した補正データを、元の画像の符号化結果とするようにしたので、受信装置4側においては、その補正データに基づいて、元の画像（原画像）とほぼ同一の画像を得ることが可能となる。

【0050】次に、図6は、図3のローカルデコード部22の構成例を示している。

【0051】圧縮部21からの補正データは、クラス分類用ブロック化回路41および予測値計算用ブロック化回路42に供給されるようになされている。クラス分類用ブロック化回路41は、補正データを、その性質に応じて所定のクラスに分類するための単位である、例えば注目補正データを中心としたクラス分類用ブロックにブロック化されるようになされている。

【0052】即ち、いま、図5において、上からi番目で、左からj番目の補正データ（圧縮データ）（画素）（図中、●印で示す部分）を $X_{ij}$ と表すすると、クラス分類用ブロック化回路41は、注目補正データ $X_{ij}$ の左上、上、右上、左、右、左下、下、右下に隣接する8つの画素 $X_{(i-1)(j-1)}$ ,  $X_{(i-1)j}$ ,  $X_{(i-1)(j+1)}$ ,  $X_{i(j-1)}$ ,  $X_{ij}$ ,  $X_{i(j+1)}$ ,  $X_{(i+1)(j-1)}$ ,  $X_{(i+1)j}$ ,  $X_{(i+1)(j+1)}$ に、自身を含め、合計9画素で構成されるクラス分類用ブロックを構成するようになされている。このクラス分類用ブロックは、クラス分類適応処理回路43に供給されるようになされている。

【0053】なお、この場合、クラス分類用ブロックは、3×3画素でなる正方形のブロックで構成されることとなるが、クラス分類用ブロックの形状は、正方形である必要はなく、その他、例えば、長方形や、十文字形、その他の任意な形とすることが可能である。また、クラス分類用ブロックを構成する画素数も、3×3の9



画素に限定されるものではない。

【0054】予測値計算用ブロック化回路42は、補正データを、元の画像の予測値を計算するための単位である、例えば注目補正データを中心とした予測値計算用ブロックにブロック化するようになされている。即ち、いま、図5において、補正データ $X_{ij}$ （図中、●印で示す部分）を中心とする、元の画像（原画像）における $3 \times 3$ の9画素の画素値を、その最も左から右方向、かつ上から下方向に、 $Y_{ij}(1)$ 、 $Y_{ij}(2)$ 、 $Y_{ij}(3)$ 、 $Y_{ij}(4)$ 、 $Y_{ij}(5)$ 、 $Y_{ij}(6)$ 、 $Y_{ij}(7)$ 、 $Y_{ij}(8)$ 、 $Y_{ij}(9)$ と表すとする、画素 $Y_{ij}(1)$ 乃至 $Y_{ij}(9)$ の予測値の計算のために、予測値計算用ブロック化回路42は、例えば、注目補正データ $X_{ij}$ を中心とする $5 \times 5$ の25画素 $X_{(i-2)(j-2)}$ 、 $X_{(i-2)(j-1)}$ 、 $X_{(i-2)(j)}$ 、 $X_{(i-2)(j+1)}$ 、 $X_{(i-2)(j+2)}$ 、 $X_{(i-1)(j-2)}$ 、 $X_{(i-1)(j-1)}$ 、 $X_{(i-1)(j)}$ 、 $X_{(i-1)(j+1)}$ 、 $X_{(i-1)(j+2)}$ 、 $X_{(i)(j-2)}$ 、 $X_{(i)(j-1)}$ 、 $X_{(i)(j)}$ 、 $X_{(i)(j+1)}$ 、 $X_{(i)(j+2)}$ 、 $X_{(i+1)(j-2)}$ 、 $X_{(i+1)(j-1)}$ 、 $X_{(i+1)(j)}$ 、 $X_{(i+1)(j+1)}$ 、 $X_{(i+1)(j+2)}$ で構成される正方形の予測値計算用ブロックを構成するようになされている。

10

【0055】具体的には、例えば、図5において四角形で囲む、元の画像における画素 $Y_{33}(1)$ 乃至 $Y_{33}(9)$ の9画素の予測値の計算のために、画素 $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $X_{13}$ 、 $X_{14}$ 、 $X_{15}$ 、 $X_{21}$ 、 $X_{22}$ 、 $X_{23}$ 、 $X_{24}$ 、 $X_{25}$ 、 $X_{31}$ 、 $X_{32}$ 、 $X_{33}$ 、 $X_{34}$ 、 $X_{35}$ 、 $X_{41}$ 、 $X_{42}$ 、 $X_{43}$ 、 $X_{44}$ 、 $X_{45}$ 、 $X_{51}$ 、 $X_{52}$ 、 $X_{53}$ 、 $X_{54}$ 、 $X_{55}$ により、予測値計算用ブロックが構成される（この場合の注目補正データは、 $X_{33}$ となる）。

20

【0056】予測値計算用ブロック化回路42において得られた予測値計算用ブロックは、クラス分類適応処理回路43に供給されるようになされている。

【0057】なお、予測値計算用ブロックについても、クラス分類用ブロックにおける場合と同様に、その画素数および形状は、上述したものに限定されるものではない。但し、予測値計算用ブロックを構成する画素数は、クラス分類用ブロックを構成する画素数よりも多くするのが望ましい。

【0058】また、上述のようなブロック化を行う場合において（ブロック化以外の処理についても同様）、画像の画枠付近では、対応する画素が存在しないことがあるが、この場合には、例えば、画枠部分を構成する画素と同一の画素が、その外側に存在するものとして処理を行う。

【0059】クラス分類適応処理回路43は、ADRC（Adaptive Dynamic Range Coding）処理回路、クラス分類回路45、および適応処理回路46で構成され、クラス分類適応処理を行うようになされている。

【0060】クラス分類適応処理とは、入力信号を、その特徴に基づいて幾つかのクラスに分類し、各クラスの入力信号に、そのクラスに適切な適応処理を施すもので、大きく、クラス分類処理と適応処理とに分かれている。

【0061】ここで、クラス分類処理および適応処理について簡単に説明する。

【0062】まず、クラス分類処理について説明する。

【0063】いま、例えば、図7（A）に示すように、ある注目画素と、それに隣接する3つの画素により、 $2 \times 2$ 画素でなるブロック（クラス分類用ブロック）を構成し、また、各画素は、1ビットで表現される（0または1のうちのいずれかのレベルをとる）ものとする。この場合、注目画素を含む $2 \times 2$ の4画素のブロックは、各画素のレベル分布により、図7（B）に示すように、16（ $= 2^4$ ）パターンに分類することができる。従って、いまの場合、注目画素は、16のパターンに分類することができ、このようなパターン分けが、クラス分類処理であり、クラス分類回路45において行われる。

【0064】なお、クラス分類処理は、画像（ブロック内の画像）のアクティビティ（画像の複雑さ）（変化の激しさ）などをも考慮して行うようにすることが可能である。

【0065】ここで、通常、各画素には、例えば8ビット程度が割り当てられる。また、本実施の形態においては、上述したように、クラス分類用ブロックは、 $3 \times 3$ の9画素で構成される。従って、このようなクラス分類用ブロックを対象にクラス分類処理を行ったのでは、 $(2^8)^9$ という膨大な数のクラスに分類されることになる。

【0066】そこで、ここでは、ADRC処理回路44において、クラス分類用ブロックに対して、ADRC処理が施されるようになされており、これにより、クラス分類用ブロックを構成する画素のビット数を小さくすることで、クラス数を削減するようになされている。

【0067】即ち、例えば、いま、説明を簡単にするため、図8（A）に示すように、直線上に並んだ4画素で構成されるブロックを考えると、ADRC処理においては、そのブロック内における画素値の最大値MAXと最小値MINが検出される。そして、 $DR = MAX - MIN$ を、ブロックの局所的なダイナミックレンジとし、このダイナミックレンジDRに基づいて、ブロックを構成する画素の画素値がKビットに再量子化される。

【0068】即ち、ブロック内の各画素値から、最小値MINを減算し、その減算値を $DR / 2^k$ で除算して、その結果得られる除算値に対応するコード（ADRCコード）に変換する。具体的には、例えば、 $K = 2$ とした場合、図8（B）に示すように、除算値が、ダイナミックレンジDRを4（ $= 2^2$ ）等分して得られるいずれの

範囲に属するかが判定され、除算値が、最も下のレベルの範囲、下から2番目のレベルの範囲、下から3番目のレベルの範囲、または最も上のレベルの範囲に属する場合には、それぞれ、例えば、00B、01B、10B、または11Bなどの2ビットにコード化される（Bは2進数であることを表す）。そして、復号側においては、ADRCコード00B、01B、10B、または11Bは、ダイナミックレンジDRを4等分して得られる最も下のレベルの範囲の中心値 $L_{00}$ 、下から2番目のレベルの範囲の中心値 $L_{01}$ 、下から3番目のレベルの範囲の中心値 $L_{10}$ 、または最も上のレベルの範囲の中心値 $L_{11}$ に変換され、その値に、最小値MINが加算されることで復号が行われる。

【0069】ここで、このようなADRC処理はノンエッジマッチングと呼ばれる。

【0070】なお、ADRC処理については、本件出願人が先に出願した、例えば、特開平3-53778号公報などに、その詳細が開示されている。

【0071】ブロックを構成する画素に割り当てられているビット数より少ないビット数で再量子化を行うADRC処理を施すことにより、上述したように、クラス数を削減することができ、このようなADRC処理が、ADRC処理回路44において行われるようになされている。

【0072】なお、本実施の形態では、クラス分類回路45において、ADRC処理回路44から出力されるADRCコードに基づいて、クラス分類処理が行われるが、クラス分類処理は、その他、例えば、DPCM（予測符号化）や、BTC（Block Truncation Coding）、VQ（ベクトル量子化）、DCT（離散コサイン変換）、アダマール変換などを施したデータを対象に行うようにすることも可能である。

【0073】次に、適応処理について説明する。

【0074】例えば、いま、元の画像の画素値 $y$ の予測値 $E[y]$ を、その周辺の幾つかの画素の画素値（以下、適宜、学習データという） $x_1, x_2, \dots$ と、所定の予測係数 $w_1, w_2, \dots$ の線形結合により規定される線形1次結合モデルにより求めることを考える。この場合、予測値 $E[y]$ は、次式で表すことができる。

$$\text{【0075】 } E[y] = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots \quad (1)$$

【0076】式（1）を一般化するために、予測係数 $w_*$

$$e_1 \frac{\partial e_1}{\partial w_i} + e_2 \frac{\partial e_2}{\partial w_i} + \dots + e_m \frac{\partial e_m}{\partial w_i} = 0 \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$\dots (4)$

【0083】そこで、まず、式（3）を、予測係数 $w_i$ で微分することにより、次式が成立する。

$$\frac{\partial e_1}{\partial w_i} = x_{i1}, \quad \frac{\partial e_2}{\partial w_i} = x_{i2}, \quad \dots, \quad \frac{\partial e_i}{\partial w_i} = x_{in}, \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

\*の集合でなる行列 $W$ 、学習データの集合でなる行列 $X$ 、および予測値 $E[y]$ の集合でなる行列 $Y'$ を、

【数1】

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}, \quad Y' = \begin{bmatrix} E[y_1] \\ E[y_2] \\ \dots \\ E[y_n] \end{bmatrix}$$

で定義すると、次のような観測方程式が成立する。

$$\text{【0077】 } XW = Y' \quad \dots (2)$$

【0078】そして、この観測方程式に最小自乗法を適用して、元の画像の画素値 $y$ に近い予測値 $E[y]$ を求めることを考える。この場合、元の画像の画素値（以下、適宜、教師データという） $y$ の集合でなる行列 $Y$ 、および元の画像の画素値 $y$ に対する予測値 $E[y]$ の残差 $e$ の集合でなる行列 $E$ を、

【数2】

$$E = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_m \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}$$

で定義すると、式（2）から、次のような残差方程式が成立する。

$$\text{【0079】 } XW = Y + E \quad \dots (3)$$

【0080】この場合、元の画像の画素値 $y$ に近い予測値 $E[y]$ を求めるための予測係数 $w_i$ は、自乗誤差

【数3】

$$\sum_{i=1}^m e_i^2$$

を最小にすることで求めることができる。

【0081】従って、上述の自乗誤差を予測係数 $w_i$ で微分したものが0になる場合、即ち、次式を満たす予測係数 $w_i$ が、元の画像の画素値 $y$ に近い予測値 $E[y]$ を求めるため最適値ということになる。

【0082】

【数4】

※【0084】

【数5】

・・・ (5)

【0085】式 (4) および (5) より、式 (6) が得られる。

【0086】

【数6】

$$\sum_{i=1}^m e_i x_{i1} = 0, \sum_{i=1}^m e_i x_{i2} = 0, \dots, \sum_{i=1}^m e_i x_{in} = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (\sum_{i=1}^m x_{i1} x_{i1}) w_1 + (\sum_{i=1}^m x_{i1} x_{i2}) w_2 + \dots + (\sum_{i=1}^m x_{i1} x_{in}) w_n = (\sum_{i=1}^m x_{i1} y_i) \\ (\sum_{i=1}^m x_{i2} x_{i1}) w_1 + (\sum_{i=1}^m x_{i2} x_{i2}) w_2 + \dots + (\sum_{i=1}^m x_{i2} x_{in}) w_n = (\sum_{i=1}^m x_{i2} y_i) \\ \dots \\ (\sum_{i=1}^m x_{in} x_{i1}) w_1 + (\sum_{i=1}^m x_{in} x_{i2}) w_2 + \dots + (\sum_{i=1}^m x_{in} x_{in}) w_n = (\sum_{i=1}^m x_{in} y_i) \end{array} \right.$$

・・・ (7)

【0089】式 (7) の正規方程式は、求めるべき予測係数  $w$  の数と同じ数だけたてることができ、従って、式 (7) を解くことで、最適な予測係数  $w$  を求めることができる。なお、式 (7) を解くにあたっては、例えば、掃き出し法 (Gauss-Jordan の消去法) などを適用することが可能である。

【0090】以上のようにして、クラスごとに最適な予測係数  $w$  を求め、さらに、その予測係数  $w$  を用い、式

(1) により、元の画像の画素値  $y$  に近い予測値  $E[y]$  を求めるのが適応処理であり、この適応処理が、適応処理回路 4 6 において行われるようになされている。

【0091】なお、適応処理は、間引かれた画像には含まれていない、元の画像に含まれる成分が再現される点で、補間処理とは異なる。即ち、適応処理は、式 (1) だけを見る限りは、いわゆる補間フィルタを用いての補間処理と同一であるが、その補間フィルタのタップ係数に相当する予測係数  $w$  が、教師データ  $y$  を用いての、いわば学習により求められるため、元の画像に含まれる成分を再現することができる。このことから、適応処理は、いわば画像の創造作用がある処理といえることができる。

【0092】次に、図 9 のフローチャートを参照して、図 6 のローカルデコード部 2 2 の処理について説明する。

【0093】ローカルデコード部 2 2 においては、まず最初に、ステップ S 2 1 において、圧縮部 2 1 からの補正データがブロック化される。即ち、クラス分類用ブロック化回路 4 1 において、補正データが、注目補正データを中心とする  $3 \times 3$  画素のクラス分類用ブロックにブロック化され、クラス分類適応処理回路 4 3 に供給されるとともに、予測値計算用ブロック化回路 4 2 におい

\* ・・・ (6)

【0087】さらに、式 (3) の残差方程式における学習データ  $x$ 、予測係数  $w$ 、教師データ  $y$ 、および残差  $e$  の関係を考慮すると、式 (6) から、次のような正規方程式を得ることができる。

【0088】

【数7】

て、補正データが、注目補正データを中心とする  $5 \times 5$  画素の予測値計算用ブロックにブロック化され、クラス分類適応処理回路 4 3 に供給される。

【0094】クラス分類適応処理回路 4 3 には、上述したように、クラス分類用ブロックおよび予測値計算用ブロックの他、元の画像データが供給されるようになされており、クラス分類用ブロックは ADR C 処理部 4 4 に、予測値計算用ブロックおよび元の画像データは適応処理回路 4 6 に供給される。

【0095】ADR C 処理回路 4 4 は、クラス分類用ブロックを受信すると、ステップ S 2 2 において、そのクラス分類用ブロックに対して、例えば、1 ビットの ADR C (1 ビットで再量子化を行う ADR C) 処理を施し、これにより、補正データを、1 ビットに変換 (符号化) して、クラス分類回路 4 5 に出力する。クラス分類回路 4 5 は、ステップ S 2 3 において、ADR C 処理が施されたクラス分類用ブロックから、クラス分類処理を施す。即ち、ADR C 処理が施されたクラス分類用ブロックを構成する各画素のレベル分布の状態を検出し、そのクラス分類用ブロックが属するクラス (そのクラス分類用ブロックを構成する注目補正データ (中心に配置された補正データ) のクラス) を判定する。このクラスの判定結果は、クラス情報として、適応処理回路 4 6 に供給される。

【0096】なお、1 ビットの ADR C 処理が施された  $3 \times 3$  の 9 画素で構成されるクラス分類用ブロック全体を対象に、クラス分類処理が施されるとした場合、各クラス分類用ブロックは、 $512 (= 2^9)$  のクラスのうちのいずれかに分類されることになる。

【0097】そして、ステップ S 2 4 に進み、適応処理回路 4 6 において、クラス分類回路 4 5 からのクラス情報に基づいて、各クラスごとに適応処理が施され、これにより、クラスごとの予測係数および 1 フレームの元の

画像データ（原画像データ）の予測値が算出される。

【0098】即ち、本実施の形態においては、例えば、クラスごとに $25 \times 9$ 個の予測係数が、1フレーム分の原画像データおよび補正データから算出される。さらに、ある1つの補正データに注目した場合に、その注目補正データに対応する元画像の画素と、その画素の周りに隣接する8個の元画像の画素の、合計9個の画素についての予測値が、注目補正データのクラス情報に対応する $25 \times 9$ 個の予測係数と、その注目補正データを中心とする $5 \times 5$ 画素でなる予測値計算用ブロックとを用いて、適応処理が行われることにより算出される。

【0099】具体的には、例えば、いま、図5に示した補正データ（注目補正データ） $X_{33}$ を中心とする $3 \times 3$ の補正データ $X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{32}, X_{33}, X_{34}, X_{42}, X_{43}, X_{44}$ でなるクラス分類用ブロックについてのクラス情報Cが、クラス分類回路45から出力され、また、そのクラス分類用ブロックに対応する予測値計算用ブロックとして、補正データ $X_{33}$ を中心とする $5 \times 5$ 画素の補正データ $X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{31}, X_{32}, X_{33}, X_{34}, X_{35}, X_{41}, X_{42}, X_{43}, X_{44}, X_{45}, X_{51}, X_{52}, X_{53}, X_{54}, X_{55}$ でなる予測値計算用ブロックが、予測値計算用ブロック化回路42から出力されたものとする。と、まず、その予測値計算用ブロックを構成する補正データを、学習データとするとともに、元の画像における、補正データ $X_{33}$ を中心とする $3 \times 3$ 画素（図5において四角形で囲んである部分）の画素値 $Y_{33}$ （1）乃至 \*

$$\begin{aligned} E[Y_{33}(k)] = & w_1(k) X_{11} + w_2(k) X_{12} + w_3(k) X_{13} \\ & + w_4(k) X_{14} + w_5(k) X_{15} + w_6(k) X_{21} \\ & + w_7(k) X_{22} + w_8(k) X_{23} + w_9(k) X_{24} \\ & + w_{10}(k) X_{25} + w_{11}(k) X_{31} \\ & + w_{12}(k) X_{32} + w_{13}(k) X_{33} \\ & + w_{14}(k) X_{34} + w_{15}(k) X_{35} \\ & + w_{16}(k) X_{41} + w_{17}(k) X_{42} \\ & + w_{18}(k) X_{43} + w_{19}(k) X_{44} \\ & + w_{20}(k) X_{45} + w_{21}(k) X_{51} \\ & + w_{22}(k) X_{52} + w_{23}(k) X_{53} \\ & + w_{24}(k) X_{54} + w_{25}(k) X_{55} \\ & \dots (8) \end{aligned}$$

【0103】ステップS24では、以上のようにして、 $25 \times 9$ の予測係数が、クラスごとに求められ、そのクラスごとの予測係数を用いて、注目補正データを中心とする $3 \times 3$ の原画像の画素の予測値が求められる。

【0104】その後、ステップS25に進み、クラスごとの $25 \times 9$ の予測係数は判定部24に供給され、 $3 \times 3$ の予測値は誤差算出部23に供給される。そして、ステップS21に戻り、以下同様の処理が、例えば、1フレーム（または1フィールド）単位で繰り返される。

【0105】ところで、図4の実施の形態では、誤差情報が所定の閾値 $\epsilon$ 以下となったときにおける、圧縮デー

\*  $Y_{33}$ （9）を、教師データとして、式（7）に示した正規方程式がたてられる。

【0100】さらに、所定期間としての、例えば、1フレームの中で、同一のクラス情報Cにクラス分類されるクラス分類用ブロックに対応する、他の予測値計算用ブロックについても同様にして、正規方程式がたてられ、画素値 $Y_{33}(k)$ （ここでは、 $k=1, 2, \dots, 9$ ）の予測値 $E[Y_{33}(k)]$ を求めるための予測係数 $w_1(k)$ 乃至 $w_{25}(k)$ （本実施の形態では、1つの予測値を求めるのに学習データが25個用いられるので、それに対応して、予測係数 $w$ も25個必要となる）を算出することができるだけの数の正規方程式が得られると（従って、そのような数の正規方程式が得られるまでは、ステップS24では、正規方程式をたてる処理までが行われる）、その正規方程式を解くことで、クラス情報Cについて、画素値 $Y_{33}(k)$ の予測値 $E[Y_{33}(k)]$ を求めるのに最適な予測係数 $w_1(k)$ 乃至 $w_{25}(k)$ が算出される。この処理は、各クラスごとに行われ、これにより、各クラスごとに、 $25 \times 9$ の予測係数が算出される（25個の補正データを用いて、9個の予測値を求めるため、各クラスについての予測係数の数は、 $25 \times 9$ 個となる）。

【0101】そして、クラス情報Cについての予測係数と予測値計算用ブロックとを用い、式（1）に対応する次式にしたがって、予測値 $E[Y_{33}(k)]$ が求められる。

【0102】

タを補正した補正データを、元の画像の符号化結果とするようにしたが、この場合、一般には、所定の閾値 $\epsilon$ を大きくすれば、ステップS2乃至S5の繰り返し回数は少なくなり、処理速度は向上するが、受信装置4側において得られる復号画像の画質は劣化する。

【0106】復号画像の画質の観点からは、閾値 $\epsilon$ は、元の画像から得られる誤差情報の最小値以上の値であって、その最小値に限りなく近い値であるのが最も好ましく、この場合、図3の送信装置1においては、実質的に、例えば、図10に示すフローチャートにしたがった処理を行う必要がある。

【0107】即ち、この場合、まず最初に、ステップS31において、図4のステップS1における場合と同様に、圧縮部21によって、圧縮データが生成され、ステップS32に進む。ステップS32では、圧縮部21において、圧縮データのうちの1つ（1画素）が、補正対象画素として選択され、ステップS33に進み、補正対象画素の画素値Xに、初期値としての、例えば、0が設定される。ここで、圧縮データは、例えば、0乃至 $X_{\max}$ （ $>0$ ）の範囲の整数値をとるものとする。また、以下、適宜、圧縮データで構成される1フレーム（または1フィールド）の画像を、圧縮画像という。

【0108】補正対象画素を含む圧縮画像は、補正データとして、圧縮部21から、ローカルデコード部22および判定部24に対して供給される。ローカルデコード部22では、圧縮部21から補正データを受信すると、ステップS34において、上述したようにして、その補正データと元の画像データを用いて、クラスごとの予測係数が求められ、さらに、その予測係数を用いて、補正データがローカルデコードされる。そして、ローカルデコードの結果得られる予測値は誤差算出部23に、また、クラスごとの予測係数は判定部24に供給される。

【0109】誤差算出部23では、ステップS35において、図4のステップS3における場合と同様に、元の画像データに対する、ローカルデコード部22からの予測値の予測誤差が算出され、誤差情報として、判定部24に供給される。判定部24は、ステップS36において、この誤差情報を記憶するとともに、圧縮部21から供給される補正データのうちの、補正対象画素だけを記憶し、さらに、補正対象画素の画素値Xを、1だけインクリメントするように、圧縮部21を制御する。

【0110】圧縮部21は、ステップS37において、判定部24からの制御にしたがって、補正対象画素の画素値Xを1だけインクリメントし、その補正対象画素を含む圧縮画像を、補正データとして、ローカルデコード部22および判定部24に出力する。ローカルデコード部22は、ステップS38において、ステップS34における場合と同様に、圧縮部21からの補正データを用いて、クラスごとの予測係数と予測値とが求められる。そして、予測値または予測係数は、誤差算出部23または判定部24にそれぞれ供給される。

【0111】誤差算出部23では、ステップS39において、ステップS35における場合と同様に、予測誤差が算出され、誤差情報として、判定部24に供給される。判定部24は、ステップS40において、今回のステップS39で求められた誤差情報（以下、適宜、今回の誤差情報という）が、判定部24で記憶されている誤差情報（以下、適宜、記憶誤差情報という）よりも小さいかどうかを判定する。

【0112】ステップS40において、今回の誤差情報が、記憶誤差情報よりも小さいと判定された場合、ステ

ップS41に進み、判定部24は、今回の誤差情報を、いま記憶している記憶誤差情報に替えて、新たな記憶誤差情報として記憶する。さらに、判定部24は、圧縮部21から供給される補正データのうちの、補正対象画素の画素値Xを、いままで記憶していた、その補正対象画素の画素値に替えて記憶し、ステップS42に進む。

【0113】一方、ステップS40において、今回の誤差情報が、記憶誤差情報よりも小さくないと判定された場合、ステップS41をスキップして、ステップS42に進み、圧縮部21において、補正対象画素の画素値Xが、最大値 $X_{\max}$ に等しいかどうか判定される。ステップS42において、補正対象画素の画素値Xが、最大値 $X_{\max}$ に等しくない判定された場合、即ち、画素値Xが最大値 $X_{\max}$ 未満の場合、ステップS37に戻り、以下、ステップS37乃至S42の処理が繰り返される。

【0114】従って、判定部24においては、補正対象画素以外の圧縮データを固定して、補正対象画素の画素値Xを変化させた場合に得られる最小の誤差情報と、その最小の誤差情報が得られる場合の補正対象画素の画素値Xが記憶される。なお、判定部24では、ある画素（圧縮データ）が補正対象画素とされた場合における記憶誤差情報は、その画素以外の画素が補正対象画素とされたときに削除されるが、画素値Xは、いま、符号化の対象となっているフレーム（またはフィールド）の処理が終了するまで保持される。そして、判定部24は、画素値Xを保持している画素が、圧縮部21において補正対象画素とされなくなった場合、その画素の画素値を、保持している画素値Xに固定するように、圧縮部21を制御する。これにより、圧縮部21が出力する補正データのうち、既に補正対象画素とされたものは、判定部24が保持している画素値に固定されるようになされている。

【0115】一方、ステップS42において、補正対象画素の画素値Xが、最大値 $X_{\max}$ に等しいと判定された場合、ステップS43に進み、圧縮部21において、圧縮画像を構成するすべての画素（圧縮データ）を、補正対象画素として、ステップS32乃至S42の処理を行ったかどうか判定される。ステップS43において、まだ、すべての圧縮データを、補正対象画素として処理を行っていないと判定された場合、ステップS32に戻り、まだ補正対象画素とされていない画素（圧縮データ）が、新たに補正対象画素として選択され、ステップS33以降の処理を繰り返す。

【0116】また、ステップS43において、すべての圧縮データを、補正対象画素として処理を行ったと判定された場合、ステップS44に進み、判定部24は、自身が保持している1フレーム（または1フィールド）分の補正データ（画素値）を、最適圧縮データとして、最終的にローカルデコード部22から受信したクラスごと

10

20

30

40

50

の予測係数とともに、多重化部25に出力する。ステップS44では、さらに、多重化部25において、判定部24からの最適圧縮データとクラスごとの予測係数とが多重化され、その結果得られる符号化データが出力されて、処理を終了する。

【0117】以上のようにすることで、誤差情報が最小になる場合の補正データおよび予測係数を得ることができ、この場合、受信装置4側においては、より良い画質の復号画像を得ることが可能となる。

【0118】しかしながら、図10の処理によれば、圧縮画像を構成する画素（圧縮データ）の画素値を、最小値である0から最大値 $X_{\max}$ まで変化させて、ローカルデコードおよび誤差情報の算出を行う必要がある。さらに、そのような処理を、圧縮画像を構成する画素数と同一の回数だけ繰り返す必要がある。即ち、図10の処理は、最小の誤差情報を探索するのに、圧縮画像を構成する画素がとり得る画素値をすべて調べる、いわゆる全探索処理であり、処理に時間を要する。具体的には、全探索処理では、例えば、画素値が8ビットで表され、圧縮画像が $640 \times 480$ で構成されるとすると、ローカルデコードおよび誤差情報の算出を、 $640 \times 480 \times 2^8$ 回だけ行う必要がある。

【0119】ところで、いま、圧縮データの1つを補正対象画素として、その画素値を変化させた場合、その画素値と誤差情報との関係は、例えば、図11に示すようになる。即ち、画素値と誤差情報との関係は、例えば、2次曲線で表される。

【0120】従って、一般には、その2次曲線の最小値を求めれば、それが、誤差情報の最小値であり、そのときの画素値が、最も適切な値となる。一方、2次曲線は、3点が与えられれば求めることができるから、画素値と誤差情報との関係が、1つの2次曲線で表されれば、任意の3つの画素値と、それぞれに対応する誤差情報とから2次曲線を求め、さらに、その最小値を求めることで、補正対象画素の最適な画素値を得ることができる。

【0121】しかしながら、図11に示すように、画素値と誤差情報との関係は、一般に、複数の2次曲線で表され、不連続となる点が存在する。即ち、補正対象画素の画素値を変化させることによって、補正対象画素を含んで構成されるクラス分類用ブロックのクラスが変化することがあり、画素値が、そのような点（以下、適宜、クラス変化点という）になる場合に、画素値と誤差情報との関係は、不連続になる。

【0122】従って、任意の3点から、不連続な画素値と誤差情報との関係を求めることは困難であり、また、仮に、任意の3点から、不連続な画素値と誤差情報との関係を表す1つの2次曲線が得られ、その最小値が求められたとしても、その最小値が、不連続な画素値と誤差情報との関係からすれば、極小値である場合がある。

【0123】そこで、ここでは、例えば、図12に示すように、不連続な画素値と誤差情報との関係を表す曲線の不連続な点であるクラス変化点を求め、ある連続な2次曲線を区切る2つのクラス変化点と、その2つのクラス変化点の中間点である中間点（但し、2つのクラス変化点の間にある点であれば、特に中間点である必要はない）とから、その連続な2次曲線（以下、誤差曲線という）を求める。同様にして、他の誤差曲線も求め、これにより、不連続な画素値と誤差情報との関係を表す曲線を推定し、その最小値、ひいては、最適な画素値（誤差情報が最小になるときの画素値）を求めることとする（誤差情報の最小値は、例えば、複数の誤差曲線の極小値を求め、その中の最小のものを検出することで求めることができる）。

【0124】この場合、まず、クラス変化点を算出する必要があるが、このクラス変化点の算出方法について説明する。

【0125】なお、ここでは、図13に示すように、補正対象画素に注目した場合に、その補正対象画素を中心として、 $3 \times 3$ 画素のクラス分類用ブロックが構成されるものとする。さらに、図8で説明したADRCにおいては、クラス分類用ブロックを構成する9画素すべてを対象にして、ダイナミックレンジDRが計算され、1ビットADRCが行われるものとする。従って、ADRCコードとしては、例えば、0または1のいずれかが得られるが、ここでは、クラス分類用ブロックを構成する画素値から、その最小値を減算した値が、ダイナミックレンジDRの中間値（ $= DR / 2$ ）以上の場合に1が、 $DR / 2$ 未満の場合に0が出力されるものとする。

【0126】さらに、図7で説明したクラス分類は、ADRC処理後のクラス分類用ブロックを構成する画素のうち、その中心に位置する画素と、その上下左右に隣接する画素との合計5画素（図13において、点線で囲んである部分）を対象に行われるものとする（クラス分類に、実際に用いられる画素を、以下、適宜、クラス分類対象画素という）。従って、この場合、クラス数は $3^2 (= 2^2)$ である。

【0127】但し、ADRCの対象とする画素や、クラス分類対象画素は、上述したものに限定されるものではない。また、ここでは、ADRCの対象とする画素と、クラス分類対象画素とを異なるものとしたが、これらは同一であっても良い。

【0128】クラス分類用ブロックが $3 \times 3$ 画素で構成される場合、補正対象画素の画素値が変化することによりクラスが変化することがあるものとしては、図14に実線で囲んで示すように、その補正対象画素が中心に位置するクラス分類用ブロックの他に、補正対象画素を含んで構成される8つのクラス分類用ブロックがある。即ち、まず、図14に点線で囲んで示すように、補正対象画素を、その左上に含むクラス分類用ブロックがあり、



さらに、補正対象画素を、その上、右上、左、右、左下、下、右下にそれぞれ含むクラス分類用ブロックがある。従って、補正対象画素の画素値を変化させ、その補正対象画素に対するクラス変化点を算出するにあたっては、上述の合計9個のクラス分類用ブロックのクラスの変化を考慮する必要がある。即ち、1の補正対象画素に対して、9個のクラス分類用ブロックについてのクラス変化点を求める必要がある。

【0129】次に、ある1つのクラス分類用ブロックに注目して、そのクラス分類用ブロックを構成する、ある画素（ここでは、補正対象画素とされた画素）の画素値が変化したときにおけるクラス変化点の算出方法について説明する。

【0130】図13で説明したように、1ビットADRC処理を、クラス分類用ブロックを構成する画素すべてを対象に行い、クラス分類処理を、そのうちの一部を対象に行う場合において、クラス変化点の算出は、画素値が変化する画素が、クラス分類処理の対象となっている画素、即ち、クラス分類対象画素であるときと、クラス分類用ブロックを構成する画素のうちの、クラス分類対象画素以外の画素であるときとに分けて考えることができる。

【0131】即ち、図15（A）に示すように、クラス分類用ブロックの、例えば、中心に位置する画素の画素値が変化する場合と、同図（B）に示すように、例えば、その左上に位置する画素の画素値が変化する場合とに、場合分けをして考えることができる。

【0132】そこで、まず、図15（A）に示す場合（画素値が変化する画素が、クラス分類対象画素のうちのいずれかである場合）を考える。なお、ここでは、同図（A）に示すように、例えば、クラス分類用ブロックの中心に位置する画素を画素#0と表すとともに、その上、左、右、下に隣接する画素を、それぞれ画素#1乃至#4と表す。また、画素#0乃至#4の画素値を、それぞれ $X_0$ 乃至 $X_4$ と表し、ここでは、画素#0が補正対象画素とされ、画素値 $X_0$ が変化するものとする。さらに、クラス分類用ブロックを構成する9画素のうち、画素#0を除く8画素の中の画素値の最大値または最小値を、それぞれ $\max$ または $\min$ と表す。また、画素値は、例えば、8ビットで表され、従って、その最大値または最小値は、それぞれ255または0であるとする。

【0133】まず、画素値 $X_0$ が、 $0 \leq X_0 < \min$ の範囲を変化する場合、画素値 $X_0$ の変化は、ADRCを行うのに用いるダイナミックレンジDR、即ち、図16（A）に示す、画素#0乃至#4のADRC結果を1または0のうちのいずれにするかの閾値 $(X_0 + \max) / 2$ に影響を与える。

【0134】いま、画素値 $X_0$ が0から $\min$ まで増加していくとすると、この場合、図16（A）に示す閾値 $(X_0 + \max) / 2$ も増加するから、画素#0のAD

RC結果は、常に0のまま変化しない。また、画素#1乃至#4のうち、画素値 $X_i$ が0のときに、ADRC結果が0となる画素についても、そのADRC結果は0のまま変化しない。

【0135】即ち、この場合、画素#1乃至#4のうち、ADRC結果が、画素値 $X_0$ の変化に伴って変化する可能性のあるものは、画素値 $X_0$ が0のときに、ADRC結果が1となっている画素で、その画素値に、閾値 $(X_0 + \max) / 2$ が等しくなるときに、そのADRC処理結果が1から0に変化する。

【0136】従って、画素# $i$ （ここでは、 $i = 1, 2, 3, 4$ ）の画素値を $X_i$ とすると、式 $X_i = (X_0 + \max) / 2$ が成立するとき、即ち、画素値 $X_0$ が、式 $X_0 = 2X_i - \max$ で表される値となると、画素# $i$ のADRC結果は1から0に変化し、これにより、クラス分類用ブロックのクラスが変化する。なお、ここでは、画素値が、閾値 $(X_0 + \max) / 2$ 以上のとき、そのADRC結果を1とするようにしたので、厳密には、式 $X_0 = 2X_i - \max$ が成立するときのADRC結果は1のままであり、式 $X_0 = 2X_i - \max + 1$ が成立するときのADRC結果が0となる。

【0137】一方、ここでは、画素値 $X_0$ が、 $0 \leq X_0 < \min$ の範囲を変化する場合を考えているから、閾値 $(X_0 + \max) / 2$ は、 $\max / 2$ 乃至 $(\max + \min) / 2$ の範囲を変化する。従って、画素値 $X_0$ が変化するにより、ADRC結果が1から0に変化するものは、画素値 $X_i$ が、式 $\max / 2 \leq X_i < (\max + \min) / 2$ を満足する画素# $i$ であり、例えば、図16（A）に示すように、画素値 $X_1$ 乃至 $X_4$ が分布している場合には、画素値 $X_0$ の変化によって、画素#2と#3のADRC結果が変化し、これにより、クラス分類用ブロックのクラスが変化する。即ち、この場合、クラス変化点 $X_0$ は、 $X_0$ が、式 $X_0 = 2X_2 - \max$ と、式 $X_0 = 2X_3 - \max$ をそれぞれ満足するときとなる。

【0138】以上から、画素値 $X_0$ が、 $0 \leq X_0 < \min$ の範囲を変化する場合については、画素値 $X_i$ が、式 $\max / 2 \leq X_i < (\max + \min) / 2$ を満足する画素# $i$ を検出し、式 $X_0 = 2X_i - \max$ を計算することで、クラス変化点 $X_0$ （クラス変化点としての画素値 $X_0$ ）を求めることができる。

【0139】次に、画素値 $X_0$ が、 $\min \leq X_0 < \max$ の範囲を変化する場合、画素値 $X_0$ の変化は、画素#0のみのADRC結果に影響を与える。即ち、画素値 $X_0$ が、 $\min \leq X_0 < \max$ の範囲を変化する場合においては、画素#0乃至#4のADRC結果を1または0のうちのいずれにするかの閾値は、図16（B）に示すように、 $(\min + \max) / 2$ のまま固定であり、従って、この場合、画素値 $X_0$ が、閾値 $(\min + \max) / 2$ 以上か、または未満かで、そのADRC結果が変化するだけである。

【0140】いま、画素値 $X_0$ が $\min$ から $\max$ まで増加していくとすると、画素値 $X_0$ が $\min$ に等しいときの画素#0のADRC結果は0となる。そして、画素値 $X_0$ が増加し、式 $X_0 = \lceil (\min + \max) / 2 \rceil$ が成立するとき、画素#0のADRC結果は0から1に変化する（ $\lceil \rceil$ は、切り上げを表す）。なお、ここでは、画素値が、閾値 $(\min + \max) / 2$ 以上のとき、そのADRC結果を1とするようにしたので、厳密には、式 $X_0 = \lceil (\min + \max) / 2 \rceil - 1$ が成立するときのADRC結果は0のままであり、式 $X_0 = \lceil (\min + \max) / 2 \rceil$ が成立するときのADRC結果が1となる。

【0141】以上から、画素値 $X_0$ が、 $\min \leq X_0 < \max$ の範囲を変化する場合については、式 $X_0 = \lceil (\min + \max) / 2 \rceil$ を計算することで、クラス変化点 $X_0$ を求めることができる。

【0142】次に、画素値 $X_0$ が、 $\max \leq X_0 \leq 255$ の範囲を変化する場合、画素値 $X_0$ の変化は、ADRCを行うのに用いるダイナミックレンジDR、即ち、図16（C）に示す、画素#0乃至#4のADRC結果を1または0のうちのいずれにするかの閾値 $(\min + X_0) / 2$ に影響を与える。

【0143】いま、画素値 $X_0$ が $\max$ から255まで増加していくとすると、この場合、図16（C）に示す閾値 $(\min + X_0) / 2$ も増加するから、画素#0のADRC結果は、常に1のまま変化しない。また、画素#1乃至#4のうち、画素値 $X_0$ が $\max$ のときに、ADRC結果が0となる画素についても、そのADRC結果は0のまま変化しない。

【0144】即ち、この場合、画素#1乃至#4のうち、ADRC結果が、画素値 $X_0$ の変化に伴って変化する可能性のあるものは、画素値 $X_0$ が $\max$ のときに、ADRC結果が1となっている画素で、その画素値に、閾値 $(\min + X_0) / 2$ が等しくなるときに、そのADRC処理結果が1から0に変化する。

【0145】従って、画素# $i$ （ここでは、 $i = 1, 2, 3, 4$ ）の画素値を $X_i$ とすると、式 $X_i = (\min + X_0) / 2$ が成立するとき、即ち、画素値 $X_0$ が、式 $X_0 = 2X_i - \min$ で表される値となると、画素# $i$ のADRC結果は1から0に変化し、これにより、クラス分類用ブロックのクラスが変化する。なお、ここでは、画素値が、閾値 $(\min + X_0) / 2$ 以上のとき、そのADRC結果を1とするようにしたので、厳密には、式 $X_0 = 2X_i - \min$ が成立するときのADRC結果は1のままであり、式 $X_0 = 2X_i - \min + 1$ が成立するときのADRC結果が0となる。

【0146】一方、ここでは、画素値 $X_0$ が、 $\max \leq X_0 \leq 255$ の範囲を変化する場合を考えているから、閾値 $(\min + X_0) / 2$ は、 $(\min + \max) / 2$ 乃至 $(\min + 255) / 2$ の範囲を変化する。従っ

て、画素値 $X_0$ の変化によって、ADRC結果が1から0に変化するのは、画素値 $X_i$ が、式 $(\min + \max) / 2 \leq X_i < (\min + 255) / 2$ を満足する画素# $i$ であり、例えば、図16（C）に示すように、画素値 $X_i$ 乃至 $X_0$ が分布している場合には、画素値 $X_0$ の変化によって、ADRC結果が変化する画素は存在せず、従って、クラス分類用ブロックのクラスは変化しない。

【0147】以上から、画素値 $X_0$ が、 $\min \leq X_0 \leq 255$ の範囲を変化する場合については、画素値 $X_i$ が、式 $(\min + \max) / 2 \leq X_i < (\min + 255) / 2$ を満足する画素# $i$ を検出し、式 $X_0 = 2X_i - \min$ を計算することで、クラス変化点 $X_0$ を求めることができる。

【0148】次に、図15（B）に示した場合（クラス分類用ブロックを構成する画素のうち、クラス分類対象画素以外のいずれかの画素の画素値が変化する場合）を考える。なお、この場合、同図（B）に示すように、例えば、クラス分類用ブロックの左上に位置する画素を画素#0と表すとともに、その上、左、中心、右、下に位置する画素を、それぞれ画素#1乃至#5と表す。また、画素#0乃至#5の画素値を、それぞれ $X_0$ 乃至 $X_5$ と表し、ここでは、画素値 $X_0$ が変化するものとする。さらに、クラス分類用ブロックを構成する9画素のうち、画素#0を除く8画素の中の画素値の最大値または最小値を、それぞれ $\max$ または $\min$ と表す。また、画素値は、例えば、8ビットで表され、従って、その最大値または最小値は、それぞれ255または0であるとする。

【0149】まず、画素値 $X_0$ が、 $0 \leq X_0 < \min$ の範囲を変化する場合、画素値 $X_0$ の変化は、図16（A）における場合と同様に、ADRCを行うのに用いるダイナミックレンジDRに影響を与える。即ち、この場合、画素値 $X_0$ の変化は、図17（A）に示す、画素#1乃至#5のADRC結果を1または0のうちのいずれにするかの閾値 $(X_0 + \max) / 2$ に影響を与える。なお、画素#0は、ここでは、クラス分類対象画素ではないため、そのADRC処理結果を考える必要はない。

【0150】従って、考慮する画素が、図15（A）に示した画素#0乃至#4から、同図（B）に示した画素#1乃至#5になるだけで、考え方は、図16（A）における場合と同様であり、よって、画素値 $X_i$ が、式 $\max / 2 \leq X_i < (\max + \min) / 2$ を満足する画素# $i$ を検出し、式 $X_0 = 2X_i - \max$ を計算することで、クラス変化点 $X_0$ を求めることができる（但し、ここでは、 $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ）。

【0151】なお、例えば、図17（A）に示すように、画素値 $X_i$ 乃至 $X_0$ が分布している場合には、画素値 $X_0$ の変化によって、画素#2と#3のADRC結果が変化し、これにより、クラス分類用ブロックのクラスが

変化する。即ち、この場合、クラス変化点 $X_0$ は、 $X_0$ が、式 $X_0 = 2X_1 - \max$ と、式 $X_0 = 2X_5 - \max$ をそれぞれ満足するときとなる。

【0152】次に、画素値 $X_0$ が、 $\min \leq X_0 < \max$ の範囲を変化する場合、画素#1乃至#5のADRC結果を1または0のうちのいずれにするかの閾値は、図17(B)に示すように、 $(\min + \max) / 2$ のまま固定であり、さらに、画素#0はクラス分類対象画素でないから、その画素値 $X_0$ の変化は、クラス分類用ブロックのクラスに影響を与えない。即ち、この場合、クラス変化点は存在しない。

【0153】次に、画素値 $X_0$ が、 $\max \leq X_0 \leq 255$ の範囲を変化する場合、画素値 $X_0$ の変化は、図16

(C)における場合と同様に、ADRCを行うのに用いるダイナミックレンジDRに影響を与える。即ち、この場合、画素値 $X_0$ の変化は、図17(C)に示す、画素#1乃至#5のADRC結果を1または0のうちのいずれにするかの閾値 $(\min + X_0) / 2$ に影響を与える。なお、画素#0は、ここでは、クラス分類対象画素ではないため、そのADRC処理結果を考える必要はない。

【0154】従って、考慮する画素が、図15(A)に示した画素#0乃至#4から、同図(B)に示した画素#1乃至#5になるだけで、考え方は、図16(C)における場合と同様であり、よって、画素値 $X_i$ が、式 $(\min + \max) / 2 \leq X_i < (\min + 255) / 2$ を満足する画素# $i$ を検出し、式 $X_0 = 2X_i - \min$ を計算することで、クラス変化点 $X_0$ を求めることができる(但し、ここでは、 $i = 1, 2, 3, 4, 5$ )。

【0155】なお、例えば、図17(C)に示すように、画素値 $X_1$ 乃至 $X_5$ が分布している場合には、画素値 $X_0$ の変化によって、ADRC結果が変化する画素は存在せず、従って、クラス分類用ブロックのクラスは変化しない。即ち、クラス変化点は存在しない。

【0156】なお、クラス変化点の算出は、上述のような場合分けによって行うのではなく、補正対象画素を0から255まで変化させて、その補正対象画素を含んで構成されるクラス分類用ブロックのクラス分類を行うことによって可能である。但し、処理ステップ数は、場合分けを用いる方が、一般に少なく済む。

【0157】次に、以上のように、クラス変化点を算出して、誤差曲線を推定し、補正対象画素の最適な画素値を求める場合の、図3の送信装置1の動作について、図18のフローチャートを参照して説明する。

【0158】即ち、この場合、まず最初に、ステップS51において、図10のステップS31における場合と同様にして、圧縮部21によって、圧縮データが生成され、ステップS52に進む。ステップS52では、圧縮部21において、圧縮データのうちの1つ(1画素)が、補正対象画素として選択され、ステップS53に進

み、補正対象画素を含んで構成されるクラス分類用ブロック(図13で説明したようにクラス分類用ブロックが構成される場合においては、9個のクラス分類用ブロック)について、そのクラスが変化するときの補正対象画素の画素値 $X$ 、即ち、クラス変化点が算出される。

【0159】そして、ステップS54に進み、圧縮部21において、隣接するクラス変化点どうしの間の中間点が求められる。即ち、圧縮部21は、ステップS53で得られた9個のクラス分類用ブロックについてのすべてのクラス変化点の他に、画素がとり得る画素値の最小値と最大値(画素値が、例えば、上述したように8ビットで表現される場合は、0と255)も、クラス変化点とみなして、それらのクラス変化点を、例えば、昇順(または降順)に並べる。さらに、圧縮部21は、ある、隣接する2つのクラス変化点を、1の誤差曲線の両端の不連続点として、その2つのクラス変化点の中点である中間点を求める。そして、圧縮部21は、1の誤差曲線の両端の不連続点である2つのクラス変化点と、それから求めた中間点を組合せ、他の圧縮データとともに、ローカルデコード部22に出力する。

【0160】ローカルデコード部22では、ステップS55において、圧縮部21から供給される2つのクラス変化点それぞれと、それらと組になっている中間点とを、補正対象画素の画素値として、圧縮部21から供給される他の圧縮データも用いて、ローカルデコードが行われ、予測値が求められる。即ち、補正対象画素の画素値を、2つのクラス変化点それぞれと、中間点とした場合の3通りの予測値が求められる。この3通りの予測値は、誤差算出部23に供給され、誤差算出部23では、ステップS57において、3通りの予測値に対する誤差情報が算出される。

【0161】この3つの誤差情報は、判定部24を介して、制御信号として、圧縮部21に与えられる。圧縮部21は、補正対象画素の画素値を、2つのクラス変化点それぞれと、中間点とした場合の3通りの誤差情報を受信すると、ステップS57に進み、2つのクラス変化点および中間点と、それぞれについての誤差情報とから、図12で説明したようにして、それらに対応する3点を通る2次曲線である誤差曲線を算出する。

【0162】なお、ステップS54乃至S57の処理は、すべての隣接する2つのクラス変化点について行われ、これにより、不連続な画素値と誤差情報との関係を表す曲線を構成するすべての誤差曲線が求められる。

【0163】その後、ステップS58に進み、圧縮部21において、各誤差曲線の極小値が求められ、ステップS59に進む。ステップS59では、圧縮部21において、各誤差曲線の極小値のうちの最小のもの、即ち、補正対象画素の画素値を、最小値から最大値まで変化させた場合に得られる最小の誤差情報が求められる。さらに、ステップS59では、その最小の誤差情報が得られ

るときの補正対象画素の画素値（以下、適宜、最適画素値という）が、誤差曲線から求められ、その最適画素値が、補正対象画素の画素値として設定される。以後は、いま符号化対象となっている 1 フレーム（またはフィールド）画像の符号化が終了するまで、ステップ S 59 で設定された最適画素値が、そのとき補正対象画素とされていた画素の画素値として用いられる。

【0164】ある画素を、補正対象画素として、その画素の最適画素値を求めた後は、ステップ S 60 に進み、圧縮部 21 において、圧縮画像を構成するすべての画素（圧縮データ）を、補正対象画素として、ステップ S 52 乃至 S 59 の処理を行ったかどうかが判定される。ステップ S 60 において、まだ、すべての圧縮データを、補正対象画素として処理を行っていないと判定された場合、ステップ S 52 に戻り、まだ補正対象画素とされていない画素（圧縮データ）が、補正対象画素として選択され、ステップ S 53 以降の処理を繰り返す。

【0165】また、ステップ S 60 において、すべての圧縮データを、補正対象画素として処理を行ったと判定された場合、即ち、すべての圧縮データについて、最適画素値が求められた場合、圧縮部 21 は、そのすべての最適画素値（これも、圧縮データを補正したものと考えられるから、補正データということができる）を、判定部 24 に出力するとともに、ローカルデコード部 22 に供給する。ローカルデコード部 22 では、圧縮部 21 からの最適画素値を用いて、ローカルデコードが行われ、それにより得られるクラスごとの予測係数を、判定部 24 に出力する。判定部 24 は、以上のようにして圧縮部 21 から供給される最適画素値を、最適圧縮データとして、ローカルデコード部 22 から供給されるクラスごとの予測係数とともに、多重化部 25 に出力する。そして、多重化部 25 では、ステップ S 61 において、判定部 24 からの最適圧縮データとクラスごとの予測係数とが多重化され、その結果得られる符号化データが出力されて、処理を終了する。

【0166】以上のように、クラス変化点を求め、誤差曲線を推定することで、誤差情報を最小にする画素値を、全探索処理を行う場合に比較して、高速かつ効率的に求めることができ、さらに、受信装置 4 側においては、より良い画質の復号画像を得ることが可能となる。

【0167】なお、この場合、図 3 の送信装置 1 は、最適圧縮データを得ることを主と考えれば、そのような最適圧縮データを得るための画像の符号化を行う符号化装置と見ることができるし、また、その最適圧縮データから復号画像を求めるための最適な予測係数を得ることを主と考えれば、そのような最適な予測係数を得るための学習を行う学習装置と見ることができる。

【0168】次に、図 19 は、図 3 の送信装置 1 が、図 18 で説明した処理を行う場合の圧縮部 21 の構成例を示している。

【0169】符号化対象の画像は、間引き回路 31 に供給され、そこで、図 5 で説明したようにして、圧縮データ（圧縮画像）とされる。この圧縮データは、フレームメモリ 32 に供給されて記憶される。なお、フレームメモリ 32 では、間引き回路 31 からの 1 フレーム（またはフィールド）分の圧縮データが、その符号化が終了するまで記憶される。

【0170】フレームメモリ 32 において、間引き回路 31 からの圧縮データが記憶されると、クラス変化点算出回路 33 は、そのうちの 1 つを、補正対象画素として選択し、上述したようにして、クラス変化点を算出する。さらに、クラス変化点算出回路 33 は、クラス変化点の算出後、中間点も算出し、対応する 2 つのクラス変化点と中間点とを組み合わせ、フレームメモリ 32 に記憶されている他の画素の画素値とともに、ローカルデコード部 22 に供給する。

【0171】ローカルデコード部 22 では、図 18 で説明したように、圧縮部 21（クラス変化点算出回路 33）から供給される 2 つのクラス変化点それぞれと、それらと組になっている中間点とを、補正対象画素の画素値として、圧縮部 21（クラス変化点算出回路 33）から供給される他の画素の画素値も用いて、ローカルデコードが行われ、これにより、補正対象画素の画素値を、2 つのクラス変化点それぞれと、中間点とした場合の 3 通りの予測値が求められる。この 3 通りの予測値は、誤差算出部 23 に供給され、誤差算出部 23 では、3 通りの予測値に対する誤差情報が算出される。この 3 つの誤差情報は、判定部 24 を介して、制御信号として、誤差曲線算出回路 34 に与えられる。

【0172】さらに、誤差曲線算出回路 34 には、クラス変化点算出回路 33 からローカルデコード部 22 に供給された 2 つのクラス変化点と中間点も供給されるようになされている。そして、誤差曲線算出回路 34 では、クラス変化点算出回路 33 からの 2 つのクラス変化点および中間点、並びにそれぞれに対応する、判定部 24 からの誤差情報を用い、それらに対応する 3 点を通る 2 次曲線である誤差曲線が算出される。

【0173】クラス変化点算出回路 33 および誤差曲線算出回路 34 では、補正対象画素について得られるクラス変化点すべてについて同様の処理が行われ、これにより、補正対象画素の画素値と誤差情報との関係を表す曲線を構成するすべての誤差曲線が求められる。

【0174】このすべての誤差曲線は、誤差曲線算出回路 34 から最小値算出回路 35 に供給される。最小値算出回路 35 では、補正対象画素についてのすべての誤差曲線それぞれの極小値が求められ、さらに、その極小値のうちの最小ものが選択されることで、補正対象画素の画素値を、最小値から最大値まで変化させた場合に得られる最小の誤差情報が求められる。そして、最小値算出回路 35 では、その最小の誤差情報が得られるときの補

正対象画素の画素値、つまり、最適画素値が求められ、その最適画素値が、補正対象画素の画素値として、いままで記憶されていた画素値に替えて、フレームメモリ 32 に書き込まれる。

【0175】以下、同様の処理が、フレームメモリ 32 に記憶されている画素のうち、まだ、補正対象画素とされていないものを、新たに補正対象画素として繰り返される。

【0176】そして、フレームメモリ 32 に記憶されている画素すべてを、補正対象画素として処理を行い、これにより、フレームメモリ 32 に、最適画素値のみが記憶された状態となると、クラス変化点算出回路 33 は、フレームメモリ 32 に記憶されたすべての最適画素値（1 フレーム（または 1 フィールド）分の画素値）をローカルデコード部 22 に供給して、予測係数を求めさせるとともに、そのすべての最適画素値を、最適圧縮データとして、判定部 24 に供給する。その後、圧縮部 21 では、次のフレーム（またはフィールド）の画像を対象に、同様の処理が繰り返される。

【0177】次に、図 20 は、図 1 の受信装置 4 の構成例を示している。

【0178】受信機／再生装置 71 においては、記録媒体 2 に記録された符号化データが再生され、または伝送路 3 を介して伝送されてくる符号化データが受信され、分離部 72 に供給される。分離部 72 では、符号化データから、補正データ（最適圧縮データ）とクラスごとの予測係数とが抽出される。補正データは、クラス分類用ブロック化回路 73 および予測値計算用ブロック化回路 77 に供給され、クラスごとの予測係数は、予測回路 76 に供給されて、その内蔵するメモリ 76A に記憶される。

【0179】クラス分類用ブロック化回路 73、ADRC 処理回路 74、クラス分類回路 75、または予測値計算用ブロック化回路 77 は、図 6 におけるクラス分類用ブロック化回路 41、ADRC 処理回路 44、クラス分類回路 45、または予測値計算用ブロック化回路 42 それぞれと同様に構成されており、従って、これらのブロックにおいては、図 6 における場合と同様の処理が行われ、これにより、予測値計算用ブロック化回路 77 からは予測値計算用ブロックが出力され、また、クラス分類回路 75 からはクラス情報が出力される。これらの予測値計算用ブロックおよびクラス情報は、予測回路 76 に供給される。

【0180】予測回路 76 は、クラス分類回路 75 から供給されるクラス情報に対応した  $25 \times 9$  の予測係数を、メモリ 76A から読み出し、その  $25 \times 9$  の予測係数と、予測値計算用ブロック化回路 77 から供給される  $5 \times 5$  画素の予測値計算用ブロックを構成する補正データとを用い、式（1）にしたがって、原画像の  $3 \times 3$  画素の予測値が算出され、そのような予測値で構成される

画像が、復号画像として、例えば、1 フレーム（または 1 フィールド）単位で出力される。この復号画像は、上述したように、元の画像とほぼ同一の画像となる。

【0181】なお、受信側においては、図 20 に示すような受信装置 4 でなくても、間引きされた画像を単純な補間により復号する装置により、予測係数を用いずに、通常の補間を行うことで復号画像を得ることができる。但し、この場合に得られる復号画像は、画質（解像度）の劣化したものとなる。

10 【0182】ところで、上述の場合においては、図 3 のローカルデコード部 22 において予測係数を求め、これを用いて、予測値を算出するようにしたが、ローカルデコード部 22 では、予測係数を求めずに（あらかじめ学習により求めておいた予測係数を用いて）、予測値を算出するようにすることが可能である。

20 【0183】即ち、図 21 は、図 1 の送信装置 1 の第 2 の機能的構成例を示している。なお、図中、図 3 における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、この送信装置 1 は、ローカルデコード部 22 に代えて、ローカルデコード部 122 が設けられている他は、図 3 における場合と基本的に同様に構成されている。

【0184】但し、図 3 においては、ローカルデコード部 22 に原画像データが供給されるようになされていたが、図 21 においては、ローカルデコード部 122 には、原画像データが供給されないようになっている。

30 【0185】図 22 は、図 21 のローカルデコード部 122 の構成例を示している。なお、図中、図 6 における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、ローカルデコード部 122 は、適応処理回路 46 に代えて、予測係数 ROM 81 および予測回路 82 が設けられている他は、図 6 におけるローカルデコード部 22 と同様に構成されている。

40 【0186】予測係数 ROM 81 は、あらかじめ学習（後述する）を行うことにより求められたクラスごとの予測係数を記憶しており、クラス分類回路 44 が出力するクラス情報を受信し、そのクラス情報に対応するアドレスに記憶されている予測係数を読み出して、予測回路 82 に供給する。

【0187】予測回路 82 では、予測値計算用ブロック化回路 42 からの  $5 \times 5$  画素の予測値計算用ブロックと、予測係数 ROM 81 からの  $25 \times 9$  の予測係数とを用いて、式（1）（具体的には、例えば、式（8））に示した線形 1 次式が計算され、これにより、元の画像の  $3 \times 3$  画素の予測値が算出される。

50 【0188】従って、図 22 のクラス分類適応処理回路 43 によれば、元の画像（原画像）を用いずに、その予測値が算出される。このため、上述したように、ローカルデコード部 122 には、原画像が供給されないようになっている。



【0189】次に、その動作について説明する。

【0190】ローカルデコード部122では、クラス分類用ブロック化回路41、予測値計算用ブロック化回路42、ADRC処理回路44、クラス分類回路45において、図6における場合とそれぞれ同様の処理が行われ、これにより、クラス分類回路45からは、クラス情報が出力される。このクラス情報は、予測係数ROM81に供給される。

【0191】予測係数ROM81は、クラス情報を受信すると、そのクラス情報に対応する25×9の予測係数を、記憶しているクラスごとの予測係数の中から読み出し、予測回路82に供給する。

【0192】予測回路82には、予測係数ROM81から25×9の予測係数が供給される他、予測値計算用ブロック化回路42から5×5画素の予測値計算用ブロックも供給されるようになっている。そして、予測回路82では、予測係数ROM81からの25×9の予測係数と、予測値計算用ブロック化回路42からの5×5画素の予測値計算用ブロックとを用いて適応処理が行われることにより、即ち、具体的には、式(1)（または式(8)）にしたがった演算が行われることにより、注目補正データ（ここでは、予測値計算用ブロックの中心にある画素）を中心とする3×3の原画像の画素の予測値が求められる。

【0193】その後、例えば、1フレーム（またはフィールド）分の予測値が求められると、その予測値は、誤差算出部23に供給される。

【0194】従って、図21の実施の形態では、ローカルデコード部122から判定部24に対して、予測係数は供給されず、その結果、最適圧縮データが、符号化データとして、送信機/記録装置16（図1）に出力される。

【0195】次に、図23は、図22の予測係数ROM81に記憶されている予測係数を得るための学習を行う画像処理装置の構成例を示している。

【0196】学習用ブロック化回路91および教師用ブロック化回路92には、あらゆる画像に適用可能な予測係数を得るための学習用の画像データ（学習用画像）が供給されるようになっている。

【0197】学習用ブロック化回路91は、入力される画像データから、例えば、図5に●印で示した位置関係の25画素（5×5画素）を抽出し、この25画素で構成されるブロックを、学習用ブロックとして、ADRC処理93および学習データメモリ96に供給する。

【0198】また、教師用ブロック化回路92では、入力される画像データから、例えば、3×3の9画素で構成されるブロックが生成され、この9画素で構成されるブロックが、教師用ブロックとして、教師データメモリ98に供給される。

【0199】なお、学習用ブロック化回路91におい

て、例えば、図5に●印で示した位置関係の25画素で構成される学習用ブロックが生成されるとき、教師用ブロック化回路92では、同図に四角形で囲んで示す3×3画素の教師用ブロックが生成されるようになされている。

【0200】ADRC処理回路93は、学習用ブロックを構成する25画素から、例えば、その中心の9画素

（3×3画素）を抽出し、この9画素でなるブロックに対して、図22のADRC処理回路44における場合と同様に、1ビットのADRC処理を施す。ADRC処理の施された3×3画素のブロックは、クラス分類回路94に供給される。クラス分類回路94では、図22のクラス分類回路45における場合と同様に、ADRC処理回路93からのブロックがクラス分類処理され、それにより得られるクラス情報が、スイッチ95の端子aを介して、学習データメモリ96および教師データメモリ98に供給される。

【0201】学習データメモリ96または教師データメモリ98では、そこに供給されるクラス情報に対応するアドレスに、学習用ブロック化回路91からの学習用ブロックまたは教師用ブロック化回路92からの教師用ブロックが、それぞれ記憶される。

【0202】従って、学習データメモリ96において、例えば、図5に●印で示した5×5画素でなるブロックが学習用ブロックとして、あるアドレスに記憶されたとすると、教師データメモリ98においては、そのアドレスと同一のアドレスに、同図において、四角形で囲んで示す3×3画素のブロックが、教師用ブロックとして記憶される。

【0203】以下、同様の処理が、あらかじめ用意されたすべての学習用の画像について繰り返され、これにより、学習用ブロックと、図22のローカルデコード部122において、その学習用ブロックを構成する25画素と同一の位置関係を有する25の補正データで構成される予測値計算用ブロックを用いて予測値が求められる9画素で構成される教師用ブロックとが、学習用データメモリ96と、教師用データメモリ98とにおいて、同一のアドレスに記憶される。

【0204】なお、学習データメモリ96と教師用データメモリ98においては、同一アドレスに複数の情報を記憶することができるようになされており、これにより、同一アドレスには、複数の学習用ブロックと教師用ブロックを記憶することができるようになっている。

【0205】学習用画像すべてについての学習用ブロックと教師用ブロックとが、学習データメモリ96と教師データメモリ98に記憶されると、端子aを選択していたスイッチ95が、端子bに切り替わり、これにより、カウンタ97の出力が、アドレスとして、学習データメモリ96および教師データメモリ98に供給される。カウンタ97は、所定のクロックをカウントし、そのカウ



ント値を出力しており、学習データメモリ96または教師データメモリ98では、そのカウント値に対応するアドレスに記憶された学習用ブロックまたは教師用ブロックが読み出され、演算回路99に供給される。

【0206】従って、演算回路99には、カウンタ97のカウント値に対応するクラスの学習用ブロックのセットと、教師用ブロックのセットとが供給される。

【0207】演算回路99は、あるクラスについての学習用ブロックのセットと、教師用ブロックのセットとを受信すると、それらを用いて、最小自乗法により、誤差を最小とする予測係数を算出する。

【0208】即ち、例えば、いま、学習用ブロックを構成する画素の画素値を、 $x_1, x_2, x_3, \dots$ とし、求めるべき予測係数を $w_1, w_2, w_3, \dots$ とすると、これらの線形1次結合により、教師用ブロックを構成する、ある画素の画素値 $y$ を求めるには、予測係数 $w_1, w_2, w_3, \dots$ は、次式を満たす必要がある。

【0209】 $y = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \dots$

【0210】そこで、演算回路99では、同一クラスの学習用ブロックと、対応する教師用ブロックとから、真値 $y$ に対する、予測値 $w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_3 x_3 + \dots$ の自乗誤差を最小とする予測係数 $w_1, w_2, w_3, \dots$ が、上述した式(7)に示す正規方程式をたてて解くことにより求められる。従って、この処理をクラスごとに行うことにより、各クラスごとに、 $25 \times 9$ 個の予測係数が生成される。

【0211】演算回路99において求められた、クラスごとの予測係数は、メモリ100に供給される。メモリ100には、演算回路99からの予測係数の他、カウンタ97からカウント値が供給されており、これにより、メモリ100においては、演算回路99からの予測係数が、カウンタ97からのカウント値に対応するアドレスに記憶される。

【0212】以上のようにして、メモリ100には、各クラスに対応するアドレスに、そのクラスのブロックの $3 \times 3$ 画素を予測するのに最適な $25 \times 9$ 個の予測係数が記憶される。

【0213】図22の予測係数ROM81には、以上のようにしてメモリ100に記憶されたクラスごとの予測係数が記憶されている。

【0214】なお、図22の予測係数ROM81には(後述する図24の予測係数ROM101についても同様)、その他、例えば、図18で説明した処理により、ローカルデコード部22から判定部24に供給されるクラスごとの予測係数を記憶させておくようにすることも可能である。

【0215】次に、図24は、送信装置1が図21に示したように構成される場合の受信装置4の構成例を示している。なお、図中、図20における場合と対応する部分については、同一の符号を付してある。即ち、図24

の受信装置4は、クラス分類回路75と予測回路76との間に予測係数ROM101が新たに設けられているとともに、予測回路76がメモリ76Aを内蔵していない他は、図20における場合と基本的に同様に構成されている。

【0216】送信装置1が図21に示したように構成される場合、上述したことから、受信機/再生装置71が出力する符号化データには、クラスごとの予測係数は含まれておらず、このため、分離部72では、符号化データから、補正データ(最適圧縮データ)だけが抽出され、クラス分類用ブロック化回路73および予測値計算用ブロック化回路77に供給される。

【0217】クラス分類用ブロック化回路73、ADRC処理回路74、クラス分類回路75、または予測値計算用ブロック化回路77では、図22におけるクラス分類用ブロック化回路41、ADRC処理回路44、クラス分類回路45、または予測値計算用ブロック化回路42それぞれと同様の処理が行われ、これにより、予測値計算用ブロック化回路77からは $5 \times 5$ 画素の予測値計算用ブロックが出力され、また、クラス分類回路75からはクラス情報が出力される。予測値計算用ブロックは予測回路76に供給され、クラス情報は予測係数ROM101に供給される。

【0218】予測係数ROM101には、図22の予測係数ROM81に記憶されているクラスごとの予測係数と同一のものが記憶されており、クラス分類回路75からクラス情報が供給されると、そのクラス情報に対応した $25 \times 9$ の予測係数が読み出され、予測回路76に供給される。

【0219】予測回路76は、予測係数ROM101からの $25 \times 9$ の予測係数と、予測値計算用ブロック化回路77から供給される $5 \times 5$ 画素の予測値計算用ブロックを構成する補正データとを用い、式(1)にしたがって、原画像の $3 \times 3$ 画素の予測値を算出し、そのような予測値で構成される1フレーム(またはフィールド)の画像を、復号画像として出力する。

【0220】送信装置1が図21に示したように構成されるとともに、受信装置4が図24に示したように構成される場合、クラスごとの $25 \times 9$ の予測係数を送受信せずに済むので、その分だけ、伝送容量または記録容量を低減することができる。

【0221】なお、予測係数ROM81や101には、クラスごとの予測係数を記憶させるのではなく、教師用ブロックを構成する画素値の平均値などを、クラスごとに記憶させるようにすることが可能である。この場合、クラス情報が与えられると、そのクラスに対応する画素値が出力されることになり、図22のローカルデコード部122において、予測値計算用ブロック化回路42および予測回路82を設けずに済むようになる。また、図24の受信装置4においても同様に、予測値計算用プロ

10

20

30

40

50

ック化回路 77 および予測回路 76 を設けずに済むようになる。

【0222】以上、本発明を適用した画像処理装置について説明したが、このような画像処理装置は、例えば、NTSC方式などの標準方式のテレビジョン信号を符号化する場合の他、データ量の多い、いわゆるハイビジョン方式のテレビジョン信号などを符号化する場合に、特に有効である。

【0223】なお、本実施の形態においては、誤差情報として、誤差の自乗和を用いるようにしたが、誤差情報としては、その他、例えば、誤差の絶対値和や、その3乗以上したものの和などを用いるようにすることが可能である。

【0224】また、本実施の形態では、画素値と誤差情報との関係が、2次曲線で表されるものとしたが、本発明は、画素値と誤差情報との関係が、2次曲線以外で表される場合にも適用可能である。

【0225】さらに、本実施の形態においては、1フレーム（またはフィールド）の画像から、例えば、クラス分類用ブロックや予測値計算用ブロックなどのブロックを構成するようにしたが、ブロックは、その他、例えば、時系列に連続する複数フレームにおける、同一位置の画素（異なるフレームの画素）などをも用いて構成するようにすることも可能である。

【0226】また、本実施の形態では、例えば、1フレーム（またはフィールド）単位で、正規方程式をたてて、クラスごとの予測係数を求めるようにしたが、予測係数の算出処理は、その他、例えば、複数フレーム（またはフィールド）単位で正規方程式をたてて行うようにすることも可能である。他の処理についても同様である。

【0227】さらに、本実施の形態では、図2の送信装置1を構成するCPU14が、同じく送信装置1を構成する外部記憶装置15に記憶されたアプリケーションプログラムを実行することで、各種の符号化処理が行われるようにしたが、これらの符号化処理は、ハードウェアによって行うことも可能である。同様に受信装置4における処理も、そのような処理を行うためのプログラムをコンピュータに実行させることによって、またハードウェアによっても、実現可能である。

【0228】また、本実施の形態では、クラス分類を行うことを前提として、クラス変化点を求め、さらに、誤差曲線を求めるようにしたが、クラス分類を行わない場合は、クラス変化点は存在しないから、即ち、画素値と誤差情報との関係は不連続にならないから、上述したように、任意の3点を用いて、画素値と誤差情報との関係を表す曲線を求めることが可能である。

【0229】

【発明の効果】請求項1に記載の画像符号化装置および請求項5に記載の画像符号化方法によれば、圧縮データ

と予測誤差との関係を表す誤差曲線が推定されるので、誤差曲線を最小にする圧縮データを、効率良く求めることが可能となる。

【0230】請求項6に記載の提供媒体、並びに請求項7に記載の画像復号装置および請求項8に記載の画像復号方法によれば、符号化データが、原画像を、その画素数を少なくすることにより圧縮して、圧縮データとし、圧縮データに基づいて、クラス分類を行い、その結果得られるクラスに対応して、原画像を予測し、その予測値を求め、原画像に対する、予測値の予測誤差を算出し、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線を推定し、誤差曲線を最小にする圧縮データを求め、その圧縮データを、原画像の符号化結果として出力することにより得られたものとなっている。従って、高画質の復号画像を得ることが可能となる。

【0231】請求項9に記載の学習装置および請求項11に記載の学習方法においては、予測係数が、クラスごとに求められ、その予測係数と圧縮データとの線形結合により、予測値が求められる。さらに、原画像に対する、予測値の予測誤差が算出され、圧縮データと予測誤差との関係を表す誤差曲線が推定される。そして、誤差曲線を最小にする圧縮データが求められ、その圧縮データから求められる予測係数が出力される。従って、圧縮データを高画質の復号画像に復号することのできる予測係数を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した画像処理装置の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の送信装置1の構成例を示すブロック図である。

【図3】図1の送信装置1の第1の機能的構成例を示すブロック図である。

【図4】図3の送信装置1の動作を説明するためのフローチャートである。

【図5】図4のステップS1の処理を説明するための図である。

【図6】図3のローカルデコード部22の構成例を示すブロック図である。

【図7】クラス分類処理を説明するための図である。

【図8】ADRC処理を説明するための図である。

【図9】図6のローカルデコード部22の動作を説明するためのフローチャートである。

【図10】全探索処理を行う場合の、図3の送信装置1の動作を説明するためのフローチャートである。

【図11】画素値と誤差情報との関係を示す図である。

【図12】最小の誤差情報を求める方法を説明するための図である。

【図13】クラス変化点を算出する方法を説明するための図である。

【図14】クラス変化点を算出する方法を説明するため

の図である。

【図15】クラス変化点を算出する方法を説明するための図である。

【図16】クラス変化点を算出する方法を説明するための図である。

【図17】クラス変化点を算出する方法を説明するための図である。

【図18】クラス変化点から、誤差曲線を推定して、最小の誤差情報を求める場合の、図3の送信装置1の動作を説明するためのフローチャートである。

【図19】図18の処理を行う場合の、図3における圧縮部21の構成例を示すブロック図である。

【図20】図1の受信装置4の第1の構成例を示すブロック図である。

【図21】図1の送信装置1の第2の機能的構成例を示すブロック図である。

【図22】図21のローカルデコード部122の構成例を示すブロック図である。

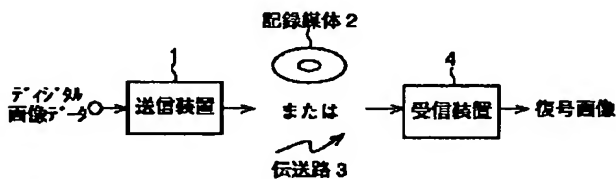
【図23】図22の予測係数ROM81に記憶されている予測係数を算出する画像処理装置の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図24】図1の受信装置4の第2の構成例を示すブロック図である。

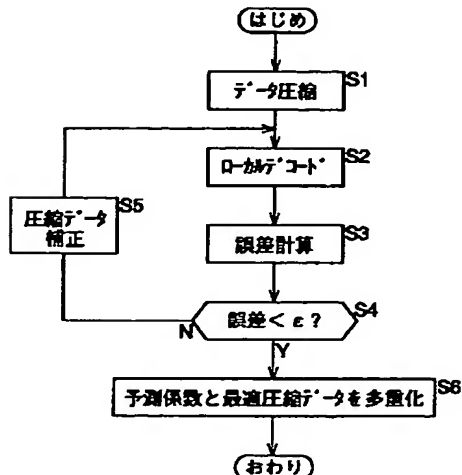
# \* 【符号の説明】

- 1 送信装置, 2 記録媒体, 3 伝送路, 4 受信装置, 11 I/F, 12 ROM, 13 RAM, 14 CPU, 15 外部記憶装置, 16 送信機/記録装置, 21 圧縮部, 22 ローカルデコード部, 23 誤差算出部, 24 判定部, 25 多重化部, 31 間引き回路, 32 フレームメモリ, 33 クラス変化点算出回路, 34 誤差曲線算出回路, 35 最小値算出回路, 41 クラス分類用ブロック化回路, 42 予測値計算用ブロック化回路, 43 クラス分類適応処理回路, 44 ADR C処理回路, 45 クラス分類回路, 46 適応処理回路, 71 受信機/再生装置, 72 分離部, 73 クラス分類用ブロック化回路, 74 ADR C処理回路, 75 クラス分類回路, 76 予測回路, 76A メモリ, 77 予測値計算用ブロック化回路, 81 予測係数ROM, 82 予測回路, 91 学習用ブロック化回路, 92 教師用ブロック化回路, 93 ADR C処理回路, 94 クラス分類回路, 95 スイッチ, 96 学習データメモリ, 97 カウンタ, 98 教師データメモリ, 99 演算回路, 100 メモリ, 101 予測係数ROM, 122 ローカルデコード部

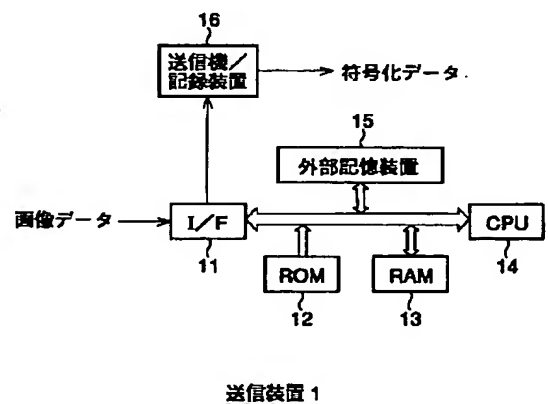
【図1】



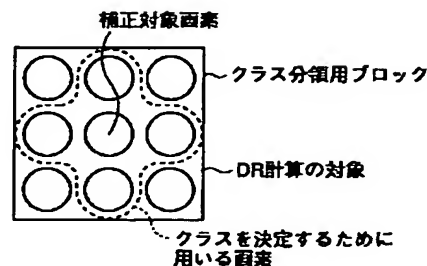
【図4】



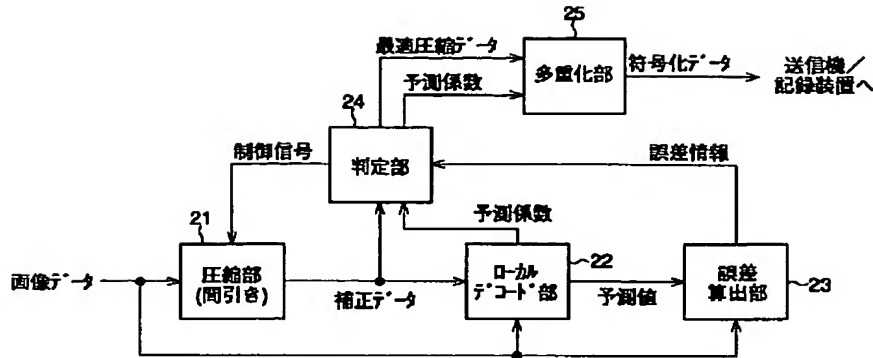
【図2】



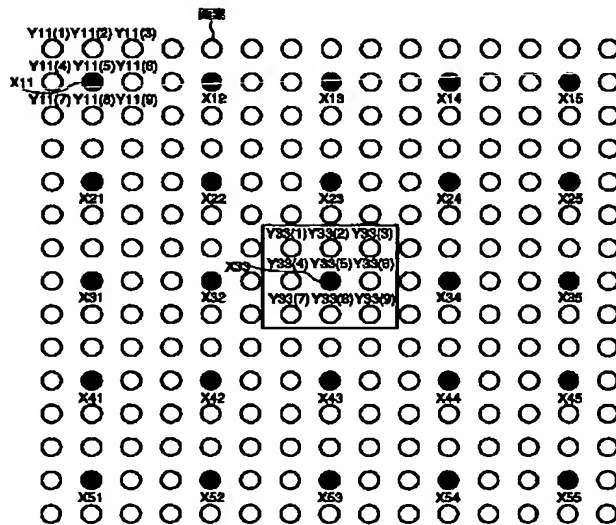
【図13】



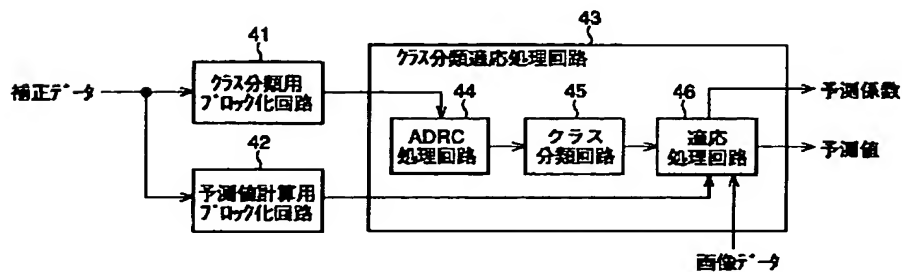
【図3】



【図5】

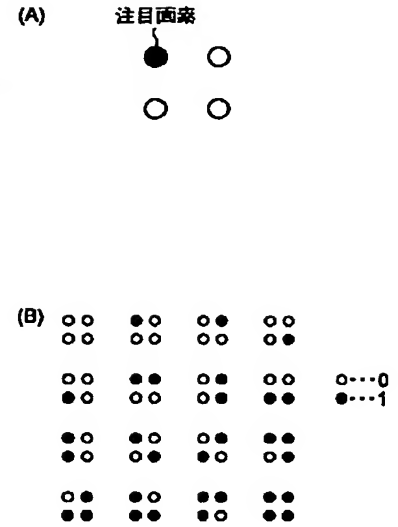


【図6】



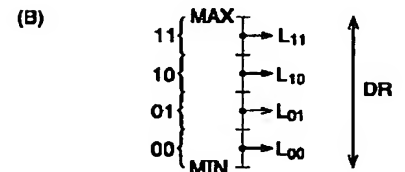
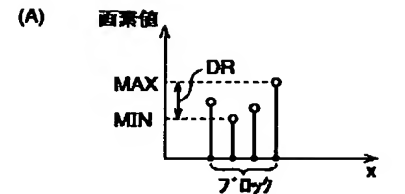
ローカルデコード部 22

【図7】



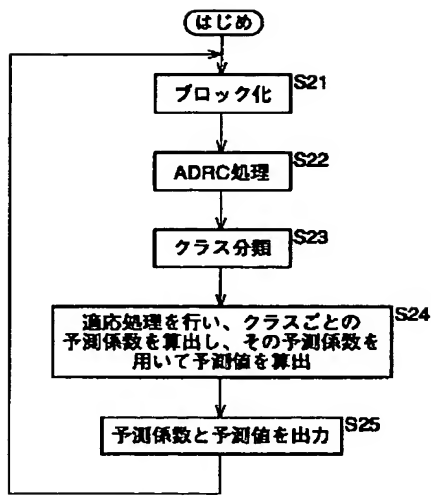
クラス分類処理

【図8】

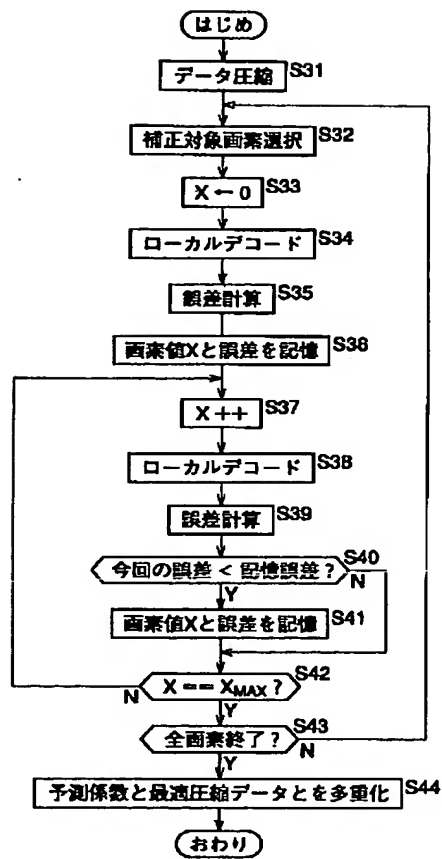


ADRC処理

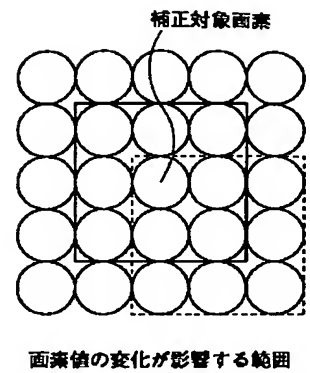
【図9】



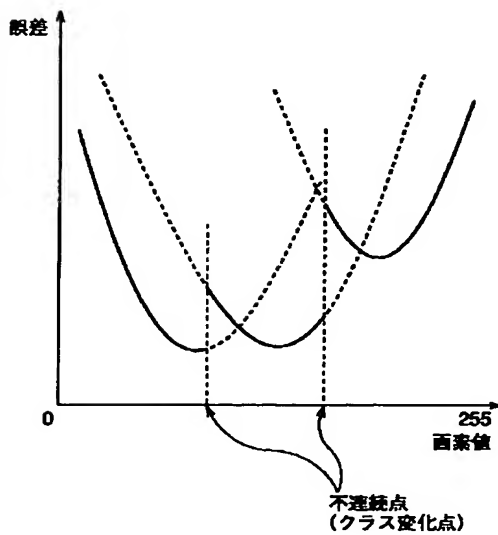
【図10】



【図14】

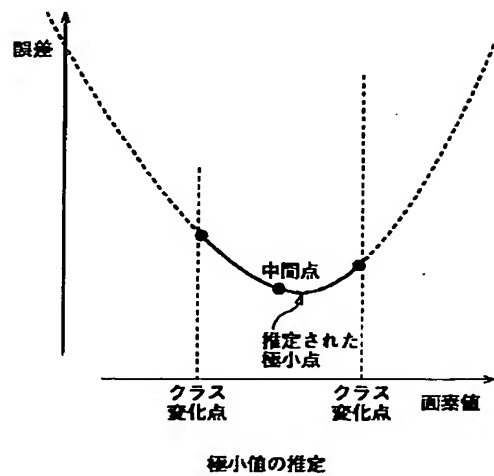


【図11】

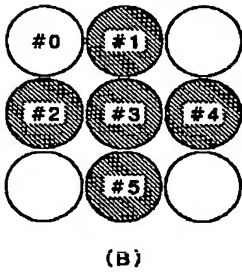
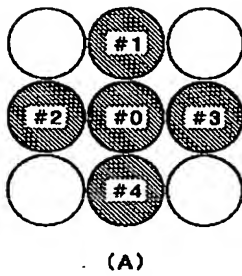


誤差の推移

【図12】

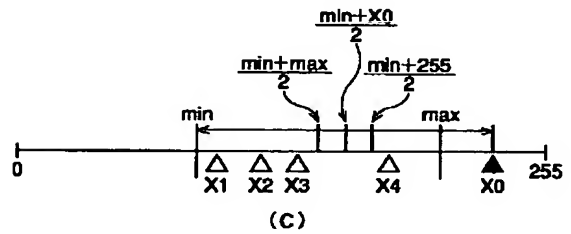
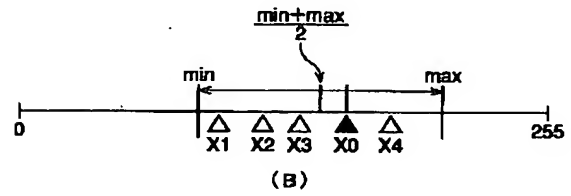
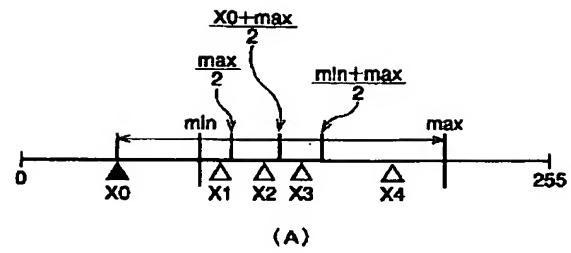


【図15】



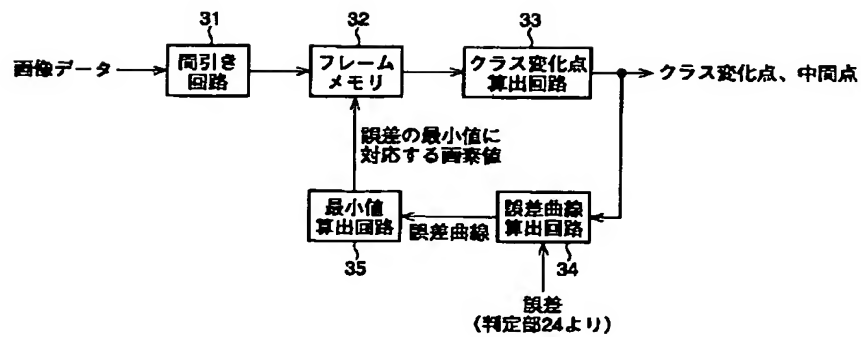
クラスタップ(クラス分類用ブロック)

【図16】



1bit ADRCのクラスの変化点(斜線の箇条が変化した場合)

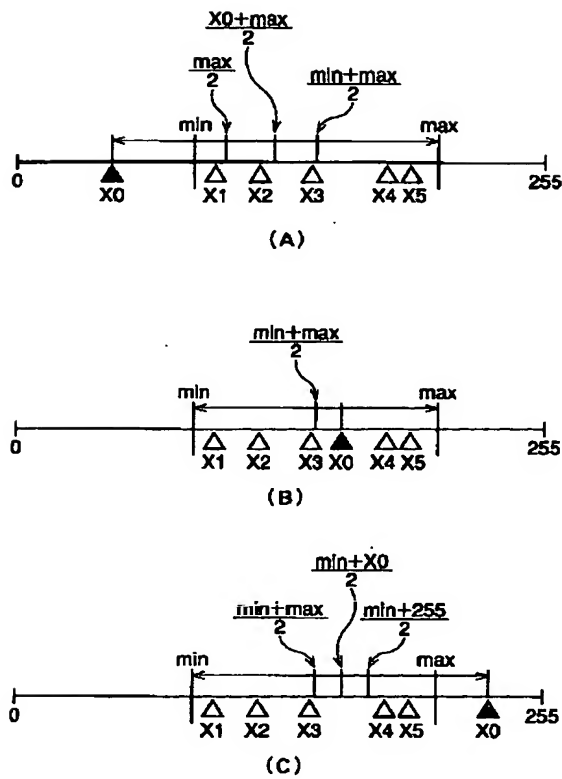
【図19】



圧縮部 21

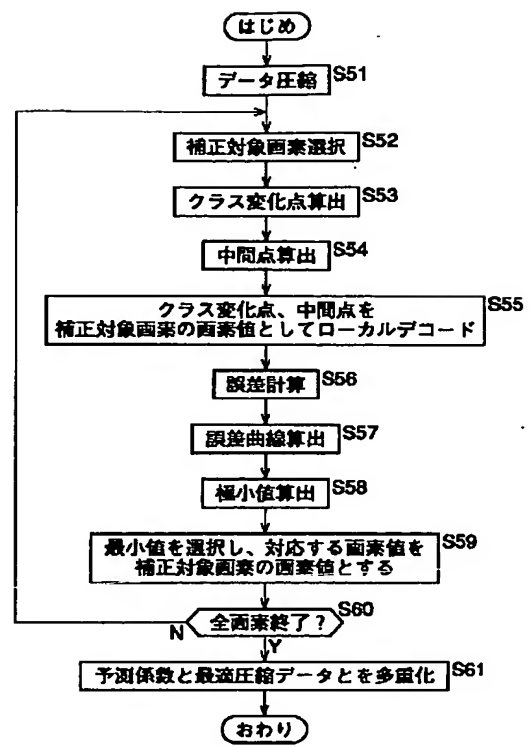


【図17】

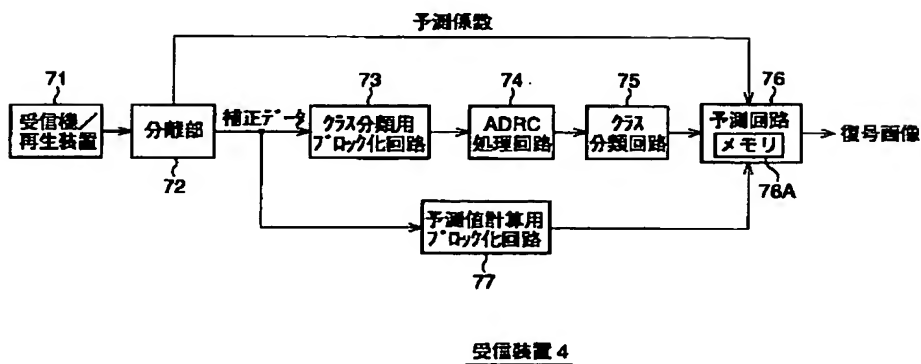


1bit ADRCのクラスの変化点(白い画素が変化した場合)

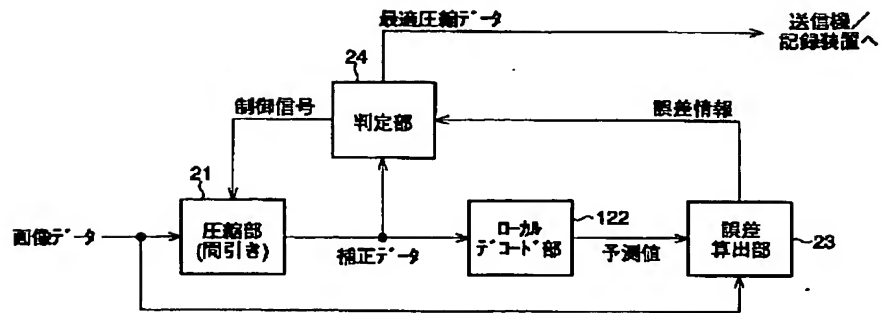
【図18】



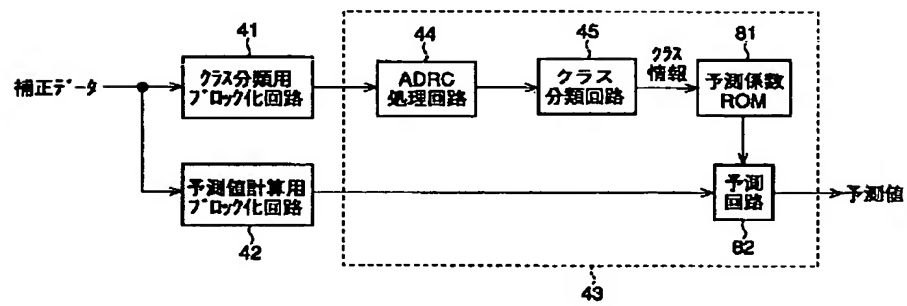
【図20】



【図21】

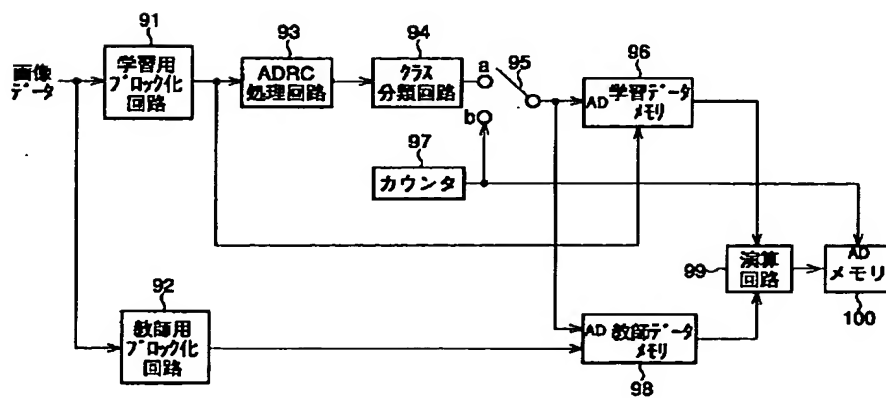


【図22】

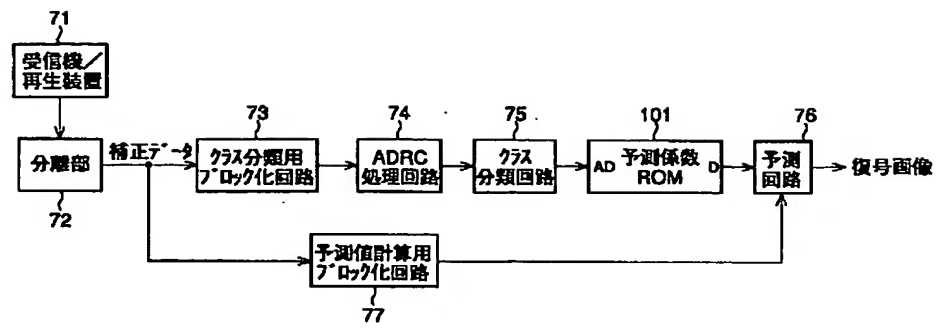


ローカルデコード部 122

【図23】



【図 2 4】

受信装置 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**